Digitized by Google

252
2 K
31

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

FISICA DEL GLOBO

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

GEROLAMO BOCCARDO

Digitized by Google

255 - 2 - K - 31

FISICA DEL GLOBO

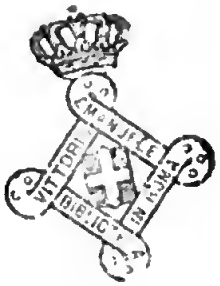
SPAZI, CLIMI E METEORE

CORSO COMPLETO

DI GEOGRAFIA FISICA E DI METEOROLOGIA

DEL PROFESSORE

GEROLAMO BOCCARDO



GENOVA

CO' TIPI DEL R. I. DE' SORDO-MUTI

1868

Digitized by Google

Proprietà Letteraria

Digitized by Google

A' MIEI FIGLI

Digitized by Google

Digitized by Google

AL LETTORE

. . . . . Si quid novisti rectius istis
Candidus imperti, si non, his utere mecum
Hor.

Il titolo del libro ch'io presento al pubblico è abbastanza chiaro ed esplicito, perchè io possa credermi esonerato dall'obbligo di una lunga Prefazione, la quale ne dichiari l'oggetto e gli intendimenti.

Come la maggior parte delle opere ch'io diedi prima d'ora alla luce, questo lavoro ebbe origine ed occasione da un Corso orale di

Digitized by Google

lezioni, la creazione del quale emanò da quel benemerito Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, che certi riformatori, nell'intento, dicesi, di restaurare la finanza del Regno, vorrebbero, in una con quello della Istruzione pubblica, abolire, trovando forse più sapiente e certo più agevole cosa il metter la falce nelle pochissime decine di milioni spesi a promuovere l'educazione e l'operosità produttiva del paese, anzichè nelle molte centinaia di milioni che ci costano le malleverie ferroviarie, la burocrazia amministrativa e la tanto civile, razionale ed umanitaria pace armata.

Gettare le prime basi di un compiuto insegnamento Nautico, capace di dotare l'Italia e sopratutto la mia Liguria di una generazione di Capitani, i quali alle meravigliose doti sortite dalla natura congiungano le svariate cognizioni che l'esercizio della loro nobile professione richiede, tale fu il concetto primo che presiedette alla istituzione di un Corso Normale

Digitized by Google

di Lezioni pei Maestri di Nautica, nell'Istituto R. di Marina Mercantile annesso all'Istituto Tecnico di Genova.

Ad attuare questo concetto, quattro Professori furono chiamati dalla fiducia del Ministero: il Prof. Fortunato Ciocca, il Nestore degli insegnanti Genovesi in siffatte materie, ebbe il còmpito di svolgere il Programma della Astronomia Nautica e della Navigazione; il Prof. Gustavo Bartolomeo Rafanelli, uno degli scienziati della cooperazione dei quali va superbo il nostro Istituto, venne incaricato dell'insegnamento della Meccanica e delle Macchine a Vapore; quello del Diritto Commerciale e Marittimo fu assunto dal Prof. Giuseppe De Giorgi, uno dei giureconsulti che mantengono nell'antico onore il foro genovese; a me finalmente si volle affidato il Corso di Geografia e Meteorologia.

L'opera che io pubblico ha per base adunque l'insegnamento trimestrale, che innanzi ad un

numeroso ed eletto uditorio ho fatto nel grande Anfiteatro dell' Istituto, alla cui direzione ho l' onore di essere preposto. Ma su questa base il lavoro del gabinetto ha eretto poi una costruzione più vasta assai e sostanzialmente nuova. Il carattere di specialità marittima che avevo naturalmente dovuto dare al mio Corso, è scomparso dal libro, al quale ho voluto invece imprimere una tendenza scientifica più generale e più alta, indirizzandolo alla comune coltura. Vi hanno inoltre svolgimenti di teorie, enumerazioni di fatti, descrizioni di fenomeni, considerazioni ed illustrazioni di mille punti storici, polemici o sperimentali, che in una esposizione puramente orale trovano difficilmente luogo, e che acquistano grande opportunità e valore in un Corso scritto. Tutte queste aggiunte io ho con somma cura introdotte nel mio libro, lasciandogli pur sempre la forma originaria e di sua natura così vivace e caratteristica di una serie di lezioni.

Digitized by Google

Fra le persone, i consigli e gli avvertimenti delle quali mi hanno più efficacemente giovato, ed alle quali mi gode l'animo di porgerne qui pubblicamente i miei sinceri ringraziamenti, debbo, oltre ai miei tre egregi Colleghi summentovati, enumerare ancora i Sig.ri Ing.ri Giuseppe Olivari ed Edoardo Garassini, Professori di Disegno nell' Istituto Tecnico di Genova, i quali, valendosi anche dell' opera di parecchi loro ottimi alunni, ebbero la somma cortesia di preparare, sulle mie indicazioni, le numerose tavole e gli svariati disegni onde mi sono servito nelle mie lezioni, ad agevolare a' miei uditori l'intelligenza delle teorie che andavo svolgendo, tavole e disegni ch' io riproduco, insieme a molte nuove figure, in questo volume.

Rendo pur grazie agli onorevoli Prof.ri Garibaldi, Trinchese ed Issel, per la cortese premura con la quale mi coadiuvarono, il primo ponendo a mia disposizione gli stupendi strumenti magnetici, dei quali è fornito il Gabinetto

di Fisica nella R. Università di Genova, e gli ultimi due aprendomi l'accesso al ricco Museo di Storia Naturale in quello stesso Stabilimento Scientifico.

Si è del pari mercè della bontà con la quale l'esimio Prof. Emanuele Celesia, Bibliotecario della genovese Università, non solo mi agevolò con ogni maniera di gentilezze le ricerche in quella pregevole libreria, ma mi fu largo eziandio delle rare sue cognizioni di erudito bibliografo, se ho potuto avere sott' occhio svariate e grandi collezioni, di rado accessibili ad un privato cittadino.

Ricorderò finalmente con gratitudine affatto speciale la cura affettuosa e diligente, con la quale l'egregio Prof. Michele Erede diede opera a raccogliere e pubblicare un compendioso ma fedele riassunto delle mie Lezioni, man mano ch' io le veniva facendo.

Può accadere che fra coloro nelle cui mani verrà questo mio libro, talumi vi siano i quali,

letto appena il frontispizio, si facciano a giudicare troppo severamente un autore, le cui fatiche si esercitarono per lo addietro in un ordine di studi profondamente diverso da quello al quale appartiene la scienza in queste carte trattata, ed altamente si meraviglino come un economista abbia avuto l'audacia di occuparsi dei più alti e complicati problemi della Fisica del Globo.

A costoro io volgo umile ma calda preghiera di aspettare a proferire il loro verdetto dopo la lettura intera del mio volume; sentendo, dal canto mio, di poterli accertare, che qualunque sia per essere l'opinione che vorranno in ultima analisi portarne, riconosceranno ben presto almeno com'esso non sia il frutto di aborracciate e frettolose compilazioni, ma bensì il pensato e laborioso risultamento di lunghe e pazienti ricerche, di meditazioni, di osservazioni e di esperimenti personali, di uno studio accurato e diligente dei capo-lavori che

sull' argomento ci porgono le letterature scientifiche dei più culti fra i popoli moderni, un libro, insomma, che avrà senza dubbio molti e gravi difetti, ma che dovrà per certo dirsi dettato con tutta buona fede e retta coscienza.

E se in una sfera intellettuale molto invero superiore alla poverissima mia, Quesnay fu medico e Adamo Smith psicologo, prima di essere economisti; se Giovanni Maria Ortes scrisse di matematica, innanzi che di popolazione e di manimorte; se Peshine-Smith giudicò opportuno di cominciare il suo bel trattato di Economia politica da elevatissime considerazioni di chimica, di fisiologia e di naturale filosofia; se il venerando Quetelet non isdegnò di versare nella Fisica Sociale e nell'applicazione del Calcolo delle Probabilità alle scienze morali quella stessa mente ingegnosa ed indagatrice che avea cotanto ampliato il regno della Meteorologia e della Fisica del Globo; se Pellegrino Rossi, giurista ed economista, tradusse in

bellissimi sciolti il Giaurro di Byron, ed Angelo Messedaglia, economista e matematico, non fu accusato di leso Parnaso, per aver vestito col manto della italiana Musa le creazioni della americana di Longfellow; — perchè mai non sarà egli conceduto ad un oscuro discepolo di questi maestri di volgere alle leggi armoniche e sublimi che governano l'economia del mondo materiale, quell'intenso lavoro dello spirito e quell'ardente ed ingenuo desiderio del bene, ch'egli era prima uso portare nella ricerca delle leggi, non meno ordinate e benefiche, ma complicate da un maggior numero di elementi variabili e perturbatori, le quali imperano su la economia del mondo sociale?

Nonostante la cura indefessa e assidua ed il grande amore ch'io posi in quest'opera, numerose pur troppo ne saranno ancora le mende e le imperfezioni; ma ogni discreto lettore le renderà, io spero, questa giustizia: ch'essa, cioè, fu concepita e condotta da chi

ama sinceramente la scienza e vuol giovare al proprio paese, da chi brama portare nella indagazione del vero un animo temprato ad un concetto non punto dissimile da quello a cui s'inspirava nell'adorazione della divinità l'autore di quei soavissimi versi, che la fede pagana ci ha tramandati:

Casta placent superis, casta cum mente venito
Et manibus puris sumite fontis aquam.

Genova, 14 Dicembre 1867.

GEROLAMO BOCCARDO.

Digitized by Google

LEZIONE I.

Introduzione

—

SOMMARIO.

Nobiltà ed importanza della Fisica del Globo. — Suo oggetto. — Necessità di farla entrare nella comune coltura. — Necessità speciale dello studio della Geografia Fisica e della Meteorologia per i Naviganti. — Oggetti di queste due scienze comprese nella Fisica del Globo. — Loro divisioni. — Le abbreviazioni che le loro scoperte hanno introdotto nelle grandi linee di navigazione. — Sul metodo d' insegnare queste scienze. — Aridità e sconnessione che rivestivano un tempo gli studi geografici. — Loro ampiezza e vastità moderne. — Esagerate speranze desunte da taluni dai progressi della Meteorologia. — Positive scoperte fatte nel campo della Fisica del Globo. — I mezzi di osservazione o di esperimentazione. — Esuberante ricchezza di dati. — Necessità di un filosofico coordinamento. — Scopo del Corso.

I.

Signori,

Tra le scientifiche discipline dallo studio delle quali la mente umana possa ritrarre il più ricco tesoro di forza ed insieme di diletto, e nella cui contemplazione si raccolga ad un tempo il più largo corredo di mezzi coi quali valga la nostra razza a signoreggiar la natura e la più copiosa fonte di quei piaceri intellettuali, che costituiscono forse il più sublime ed il più compiuto godimento di cui all' essere pensante sia dato di fruire sulla terra,

Digitized by Google

una vo ne ha che, non ignota agli Antichi, ha però fatto, in questi ultimi anni, progressi di gran lunga maggiori di quelli che misurar potessero per lo addietro altrettanti secoli. Essa è la scienza che, facendo suo prò delle scoperte di pressochè tutte le altre scienze, indaga la forma, la figura, le dimensioni del nostro pianeta, i suoi rapporti con gli altri corpi celesti, la storia e la successione delle varie sue formazioni, i fenomeni generali che presentano o l'atmosfera ond'è circondato, e le sue parti liquide e le solide, e la riazione delle interne forze contro la crosta terrestre, e le generali forme orografiche che rivestono i contorni e le masse continentali, e i diversi sistemi idrografici che ne intersecano la superficie, e le leggi che presiedono alla distribuzione dei minerali, delle piante e degli animali nelle varie sue parti; — scienza moltiforme che comprende parecchi distinti ordini di cognizioni e di fenomeni, i quali, se un giorno venivano separatamente considerati e studiati, tendono però ognidì più a riunirsi in una vasta e sapiente sintesi, che si chiama *La Fisica del Globo.*

Dopo quella conoscenza che nell'ordine dell'importanza è di tutte la prima agli occhi di ogni uomo ragionevole e che l'antico filosofo riassumeva nel famoso precetto: *Nosce te ipsum,* nessun'altra vo ne ha che possa con questa gareggiare per la nobiltà dell'oggetto e per l'infinita utilità degli insegnamenti.

Anzi, se noi osserviamo, da una parte, che l'uomo non è nei quattro quinti delle sue facoltà, de' suoi bisogni, de' mezzi che possiede per appagarli, se non che il portato del mondo esteriore, la risultante di quelle innumerevoli componenti che in lui si appuntano dalle esterne influenze dell'ambiente in cui vive; e se, dall'altra, consideriamo che la potenza, la civiltà, il perfezionamento dell'uomo medesimo si misurano dal grado e dalla natura dell'azione modificatrice ch'egli riesce ad esercitare sulle cose che lo circondano; — se poniamo a calcolo la moltiplicità e la intimità dei rapporti che per queste ragioni legano insieme l'uomo e la terra da lui abitata, saremo quasi tentati di affermare che il precetto

ricordato pur dianzi non è compiutamento adeguato, se non mercò della conoscenza del mondo esteriore congiunta e parallela a quella del mondo interno, e che non si arriva alla scienza del Microcosmo se non attraverso alla scienza del Macrocosmo; — e così il *Conosci te stesso* implica e comprende il *Conosci il globo che ti porta.*

A quest' ordine di cognizioni attingono elementi e criteri tutte le altre discipline: le morali, le giuridiche, economiche e politiche, per determinare lo variabili influenze che il clima, la posizione topografica, la prossimità o lontananza dei mari, la relativa facilità o difficoltà delle comunicazioni esercitano sull' applicazione dei principii e delle normo della civile convivenza; lo industrie ed i commerci, per domandare alle varie contrade i loro prodotti, per istudiare i più pronti e meno costosi modi di portarli al consumatore; la navigazione, per trovare le più rapide e più sicure vie dogli scambi mondiali; e tutte lo scienze fisiche e naturali se, da un lato, arrecano il tributo dei fatti, intorno ai quali si esercitano, ad arricchire il tesoro della Fisica del Globo, ricevono poi, dall' altro lato, dall' opera di sintesi a cui essa li sottopone, luce e calore.

Se lo studio di questa dottrina fosse, come dovrebbe, diffuso e coltivato, se formasse, come ragion vorrebbe, una delle basi tetragone della generale coltura, non si vedrebbo una ricca casa commerciale spedire un carico di ferri da slittare sul ghiaccio a Rio Janeiro, sotto i dardi di un sole tropicale; — ed io non avrei un giorno tremato di sgomento al sentire un ammiraglio parlarmi del Callao di Lima como della capitale del Chili; — nè un principe avrebbe fatto arrossire per lui un famoso aereonauta, chiedendogli come mai in una sua ascensione negli spazi atmosferici non fosse stato bruciato dal sole, cui si era accostato di tanto.

Digitized by Google

II.

Ma se ad ogni ordine di persone che aspirino al titolo di mediocremente culte è necessario lo studio della Fisica del Globo, quanto lo è più alla gente di mare! I primi geografi furono i primi naviganti, e si fu alle loro commerciali spedizioni, che i popoli dell' antichità e dell' età di mezzo andarono debitori dei più grandi passi nella conoscenza delle contrade e dei mari che visitavano. I lidi dell' Europa settentrionale e le sponde del Baltico sarebbero per secoli e secoli rimasti involti dalle misteriose brume e dalle nebbie impenetrabili di cui li avea cinti una immaginosa ignoranza, se i nocchieri di Fenicia e di Cartagine non avessero drizzato a quelle alte latitudini le prore, in cerca di due umili prodotti, l' ambra gialla e lo stagno; e quel Cristoforo Colombo, che i moderni piloti riconoscono siccome il più grande antesignano della loro schiera, meritò che Alessandro Humboldt lo salutasse il più sapiente dei geografi del suo tempo.

Nè pel navigante la scienza di cui discorriamo è soltanto preziosa come elemento di erudizione o come incentivo od aiuto a scoperte e ad imprese straordinarie; ma in sommo grado gli giova come cotidiano sussidio nell' esercizio di sua professione, e (mi si lasci usare una espressione volgare ma vera) come ferro del mestiere.

Mi basti a provarlo un solo esempio desunto dalle abbreviazioni dei viaggi oceanici, delle quali ha potuto far suo prò l' arte della navigazione, dal giorno in cui la fisica geografia e la meteorologia le hanno insegnato le leggi delle correnti del mare e dell' atmosfera. Non è solo un teorema di scienza ch' io dimostro, ma è un calcolo di *dare ed avere*, è una operazione elementare di contabilità, che il più rozzo degli armatori, dei capitani o dei negozianti può ripetere a sua posta ogni giorno. Se per traversare l' Atlantico, noi possiamo guadagnare, sulle nuove vie tracciate dalla scienza, due o tre decine di giorni; se in un viaggio di circumnavigazione,

noi riusciamo a risparmiare sei settimane o due mesi, il capitale navigante, rappresentato dalle nostre flotte commerciali e dai loro carichi, diventerà più produttivo precisamente nella proporzione diretta del tempo che avremo sottratto alle traversate.

Ora sanno, o Signori, fino a qual punto la scienza odierna ha spinto questa economia del tempo, di questa preziosa trama onde si compono (diceva Franklin) la stoffa della vita? Dacchè il capitano Maury ebbe studiato le vie marittime tra gli Stati-Uniti ed i paesi Americani dell' Equatore, il viaggio, che era in media di 41 giorni, fu ridotto successivamente a 24, poi a 20, finalmente a 18 giorni, dando così un guadagno di oltre 50 per 100. Il passaggio dagli Stati-Uniti orientali alla California, doppiando il Capo Horn, esigeva per lo addietro 180 giorni; Maury lo ha fatto scendere dapprima a 135 giorni, poi a 100; e vi ha nella marina americana un Clipper, il *Flying-Fish*, che da Nuova-York andò a S. Francisco in 92 giorni.

Ma il più notevole esempio ci è somministrato dalla navigazione dall' Europa all' Australia. D' Inghilterra a Sydney una nave, seguendo le antiche istruzioni, impiegava, or è ancor poco tempo, 125 giorni; ed il ritorno essendo press' a poco di eguale durata, si aveva pel viaggio intero la cifra di 250 circa giorni. Ebbene! Bastò la scoperta di una sola legge meteorologica e geografica, bastò il riconoscere che nelle alte latitudini australi il movimento generale dell' atmosfera tende all' oriente, perchè il viaggio si riducesse a meno di 130 giorni.

Noi possiamo calcolare in denaro questa economia di tempo. Il prezzo del nolo pel viaggio di Australia è in media di 1 lira per tonnellata di 1000 chilogrammi e per giorno. Poniamo che il tonnellaggio medio delle navi impiegate in questa linea sia soltanto di 500 tonnellate (effettivamente questa media supera le 700); e non poniamo a calcolo che una diminuzione di soli 30 giorni nella traversata. Avremo che ogni nave lucrerà nel suo tragitto un risparmio netto di 15,000 lire. Se ora noi estimiamo a 1800, senza distinzione di bandiera, il numero delle navi che

BIBLIOTECA NAZ. ROMA VITTORIO EMANUELE

fanno annualmente il traffico fra l'Atlantico e la parte boreale dell'Australia, giungeremo, alla fine dell'anno, ad un benefizio totale di 30 milioni di lire.

È questo, o Signori, l'interesse del capitale-scienza accumulato nel corso di quattro o cinque lustri; capitale che, alla rata media di 100 per 5, ci rappresenterà un valore di oltre a 600 milioni di lire!

Chieggo perdono agli scienziati di usare così, per estimare la potenza di cui sono i nobili ministri, un linguaggio fabbrile e mercantesco; ma questo linguaggio mi sembra oltremodo acconcio a dimostrare ciò ch'io m'era appunto proposto, l'importanza somma o, sto per dire, incalcolabile, dello studio della Fisica del Globo, e segnatamente di quello della Geografia Fisica e della Meteorologia, per gli uomini di mare.

III.

Queste scienze (io diceva a principio) formano una sola disciplina, il cui oggetto è lo studio dei fenomeni generali che presenta la costituzione del globo terracqueo. Piacciavi ora adunque, o Signori, volgere un complessivo e sintetico sguardo sul tutt'insieme di questi fenomeni, facendo come il prudente ed avveduto viaggiatore il quale, prima d'intraprendere una lontana pellegri nazione, ama spiegarsi dinanzi agli occhi la mappa della contrada ch'egli intende percorrere, rappresentarsi l'aspetto e la configurazione generale della regione, cui poscia andrà egli più minutamente esaminando nelle varie sue particolarità.

Sotto un triplice rispetto il filosofo considera la terra che noi abitiamo, a seconda che la riguarda: 1.° nelle sue relazioni coll'universo, come parte del Cosmo; 2.° in sè medesima, come un complesso di parti aeriformi, liquide e solide; 3.° nei suoi rapporti con la razza umana, come sede della nostra specie e di un mondo di esseri utilizzabili da lei.

Considerata sotto il primo di questi tre punti di veduta, la terra è un corpo celeste, che obbedisce alle leggi generali da cui gli astri sono governati. Piccolo grano di pulviscolo, perduto negli spazi senza confine, questo globo appartiene ad uno degli innumerevoli sistemi planetari che popolano il firmamento. La sua forma di equilibrio, i suoi movimenti in relazione del moto diurno della sfera celeste e del moto apparente del sole, le alterne vicende delle stagioni, la precessione degli equinozi, la nutazione, le fasi lunari, le maree, tali e simiglianti sono i problemi che questa prima parte della scienza della terra, la Geografia matematica ed astronomica, si propone di risolvere.

Sottentra quindi la Geografia fisica propriamente detta, che a sua volta si suddivide in tre grandi parti. La prima indaga la forma, l'estensione, la costituzione dell'atmosfera, la temperatura e le linee isotermiche, isoteriche ed isochimeniche, le correnti aeree, i venti costanti, i periodici, i variabili, le leggi delle tempeste e segnatamente di quelle a tipo rotatorio, l'igrometria atmosferica, l'evaporazione, la rugiada, le nubi, la pioggia, la grandine, le meteore elettriche e le luminose, il magnetismo terrestre, tutto il programma, in breve, della Meteorologia. La seconda parte della Geografia fisica è l'Idrologia, i cui molteplici oggetti sono il Mare, la sua estensione, profondità, salsedine, temperatura, fosforescenza, e quel meraviglioso sistema di correnti marine ed interoceaniche, in cui si riproduce con immense proporzioni un'armonia simile a quella che la circolazione del sangue fa regnare nella economia degli animali superiori. Studiata così la terra nelle sue parti aeriformi e liquide, la Geografia fisica ne scruta le solide, ricercandone la configurazione, la natura e la direzione delle forze che fecero emergere i continenti e le isole, i sollevamenti ed abbassamenti graduali del suolo e i fenomeni molteplici che attestano la riazione delle interne forze verso la superficiale crosta terrestre, l'estensione relativa delle linee litorane o delle aree continentali, l'orografia descrittiva delle varie parti del globo.

Ma con queste due prime divisioni dello scibile geografico, non si è fatto che descrivere l'edifizio; resta ancora che la scienza faccia l'inventario del suo mobiglio, e c'introduca infine presso l'inquilino (li prego, o Signori, di notare che non dico il padrone) che lo abita. Studierà quindi questa terza ed ultima parte della scienza nostra la distribuzione geografica dei prodotti minerali, vegetali ed animali, in quanto specialmente sono o possono essere utilizzati dall'uomo. La Geografia Botanica e la Geografia Zoologica sono le più moderne, ma non certo le men belle nè le meno feconde, fra le parti della scienza della terra. E l'uomo stesso, cioè la stirpe umana apparirà finalmente nel suo duplice aspetto di energico agente geografico, che con le sue opere modifica, migliora sovente e talvolta peggiora le condizioni fisiche della sua grande abitazione, e come paziente oggetto delle variabili azioni climatologiche, cosmiche e telluriche dalle quali è circondato.

Tale, o Signori, è l'immensa tela che noi vedremo svolgersi man mano sotto l'attento nostro sguardo; e in verità sarebbe difficile augurarcene una più mirabile per la sua bellezza e per la sua vastità. Nè l'ampiezza sua deve esser cagione di sgomento e di dubbio che in un breve periodo, quale si è quello alle nostre lezioni conceduto, non sia per riuscire possibile d'intieramente percorrerla. Imperochè innanzitutto (io lo dirò una volta per sempre) io supporrò il mio uditorio già sufficientemente edotto nei principii elementari della scienza, per non credermi obbligato ad esporne minutamente le più rudimentali nozioni. Io non dimenticherò mai che la mia parola deve considerarsi indirizzata a giovani maestri, ai quali il linguaggio della scienza è già famigliare. E se il compito è tale da spaventare la mia poca capacità, non dovrebbe però giudicarsi inaccessibile da un uomo avezzo di lunga mano a cimentarsi con le difficoltà dell'insegnamento. Egli è poi il benaugurato privilegio dell'ordine e del metodo razionale, il rendere semplice e piana e sicura la via che conduce alla conoscenza delle più ardue e complicate discipline.

IV.

E del metodo appunto che io intendo seguire in queste mie lezioni, mi sia permesso, ora che vi ho accennato l' importanza, lo scopo e le divisioni del nostro Corso, di brevemente intrattenervi.

Prendete fra le mani uno di quei tanti Manuali, coll' aiuto dei quali s' insegna dai più nelle scuole la Geografia, scorretene la generale tessitura, esaminate la ripartizione delle materie ed il modo e la forma con cui elle sono svolte, ed io non esito un istante ad affermare che (a meno che la vostra buona stella vi abbia fatto cadere sopra una delle rare, rarissime eccezioni), dopo un' ora al più di faticosa lettura, voi getterete il libro con un lungo sbadiglio. Un' arida, asciutta, sconnessa nomenclatura; una nuda e spesso inesatta descrizione di luoghi; un appello continuo al principio di autorità, comodo espediente per esonerarsi dall' obbligo di porgere la scientifica ragione delle cose; una incomposta congerie di tavole numeriche e di quadri sinottici, da stancare la bronzea memoria di un Pico Mirandolano o di un Magliabecchi; e giammai, neppur una volta l' idea (che dico?) il sospetto che la Geografia costituisca una Scienza, cioè un ordinato sistema di fatti e di osservazioni, da cui il processo induttivo si innalza al concetto di teoremi e di leggi; — ecco il tipo a cui frequentemente s' informano così i libri elementari come l' insegnamento scolastico di questa disciplina. Qual maraviglia poi se essa è così poco studiata e così mal conosciuta?! la noia e la stanchezza non saranno mai le Arianne, il cui filo valga a salvare dalle confusioni e dalle incertezze il viandante fra gli sconosciuti cammini.

Ma per fortuna non sono queste le sole fonti alle quali è dato attingere la scienza della terra, ed essa non è più (vivaddio) ridotta alle magre proporzioni, alle quali la lasciarono le fatiche (ai tempi loro benemerite) dei Letronne e degli Adriano Balbi.

Abbandonati i sassosi o dirupati sentieri, essa ha tracciato una nobile ed ampia via maestra, sulla quale stamparono immortali le orme loro genii come quelli di Humboldt, della Somerville, di Maury, di Herschel, di Zimmermann, di Ritter, di Klaproth, di Remusat, di Lyell, di Marsh. Egli è dalle opere di questi pensatori ed osservatori insigni, che emana un vasto corpo di dottrina rigoroso e severo ne' suoi principii come i teoremi della geometria, utile e fecondo nelle sue applicazioni come gli insegnamenti della chimica e della tecnologia.

Non lo si dirà mai abbastanza: il grande segreto per innamorare altrui della scienza e per accendere negli animi giovanili, nei quali questo amore « ratto s'apprende », quella santa favilla che tien desta e viva la fiamma del pensiero, sta tutto nel convincerli sempre col fatto e con l'esempio che il viso della verità è sereno e bello quanto è maestoso e severo, e che l'acquisto della sapienza non è desiderabile soltanto come cosa alta e sublime, ma eziandio come cosa sovranamente gradita e piacevole.

Nè con ciò intendo già, o Signori, di fare l'apologia della facile e superficiale scienza che nei diari si attinge e nelle Biblioteche di ferrovia (la quale ha anch'essa, del resto, la sua utilità ed è pur sempre preferibile alla lettura di supposti classici come il Lasca od il Fiorenzuola); ma affermo (e credo me ne dia qualche diritto un ventennio di esperienza) che, per attrarre potentemente lo studioso a seguire con zelo e con amore l'impartitogli ammaestramento, è mestieri inculcargli di buon'ora o tener poi sempre viva in lui l'idea della pratica utilità ed efficacia delle cose che vengono alla sua attenzione raccomandate, come è necessario altresì dare all'insegnamento quelle forme nobilmente attraenti e severamente venusto, che possono sole ispirargli una rispettosa ma avida ed ardente curiosità.

V.

Evvi un altro difetto di natura ben diversa e fino ad un certo segno opposta a quella del vizio or ora accennato, ma che pur tuttavia tende, al par di questo, a distruggere nella sua stessa sorgente la fiducia nei veri dalla scienza proclamati. Voglio parlare di quello spirito avventuroso, di quella smania d' inconsulte ipotesi, che fa spesso concepire soverchie e troppo audaci speranze, le quali guari non tardano ad esser tradite. — La scienza ha i suoi avventurieri, come l' arte militare e la politica.

Chi non ricorda le splendide promesse che, pochi anni or sono, ci venia facendo una caterva di empirici, intesi a rimettere, con mutati nomi, in onore le fiabe tutte dell' astrologia? La seducente idea di arrivare alla assoluta ed infallibile previsione del tempo, non è pur troppo scesa nella tomba di Mathieu de la Drôme. E lo stesso ammiraglio Fitz-Roy, uno degli uomini ai quali la meteorologia pratica vada debitrice dei suoi più incontrastati e gloriosi progressi, non andò interamente immune dalla taccia di poco prudente interprete della sua scienza, come fu solennemente provato da una inchiesta fatta dai più competenti ed autorevoli giudici della materia, e le cui severe ma giuste conclusioni non furono estranee forse alla tragica fine di quell' inglese scienziato.

Ma nè gli scusabili errori di un entusiasta nè le ignobili soperchierie dei ciarlatani possono farci dimenticare le grandi conquiste che la scienza ha già e nel breve giro di pochi anni ottenute. Quando la geografia fisica e la meteorologia non avessero fatto altro pel bene del genere umano, che svelarci col Maury il sistema delle correnti oceaniche, col Piddington, col Keller, col Bridet, col Davy le leggi dei cicloni, col Dove quelle delle tempeste europee, col Gauss, col Sabine, col Duperrey, col Secchi quelle del magnetismo terrestre, col Forbes, col Tyndall, col Gastaldi, quelle dei ghiacciai, coll' Heis, col Coulvier-Gravier, con lo Schiaparelli quelle dei meteoroliti, coll' Humboldt, col-

l'Ehrenberg, col Darwin quelle della distribuzione geografica delle piante e degli animali, quando la Fisica del Globo non avesse arricchito di altri tesori che questi il capitale delle umane cognizioni (ed io ne lascio ora indietro parecchi e dei più preziosi), i suoi titoli alla gratitudine ed all'ammirazione nostra sarebbero già più che sufficienti, per farci benedire i nomi di quei valorosi interpreti della natura.

VI.

Lungi dal temere che la scienza non riesca, per mancanza di positive cognizioni, a realizzare le sue promesse, noi ci troviamo oggi, o Signori, nel caso di paventare piuttosto per lei un esuberante eccesso di ricchezza.

L'ultimo rapporto dell'astronomo reale d'Inghilterra sui lavori dell'osservatorio di Greenwich, si chiude con una riflessione, della quale è impossibile di non sentire la sconfortante malinconia. Il Sig. Airy dichiara di non ben sapere se convenga continuare, come per lo passato, l'attuale sistema delle osservazioni meteorologiche. L'illustre scienziato si confessa inquieto e quasi atterrito in cospetto della mole immensa e pur troppo in parte indigesta degli innumerevoli in-folio pieni di cifre, che escono tutte le decadi dagli Osservatorii sparsi per tutta l'Europa ed in America. Registrare tutti i giorni dell'anno e tutte le ore del giorno l'andamento di fenomeni, molti dei quali non hanno ancora nella scienza una compiuta e sicura spiegazione, è un lavoro, che l'arguto Sig. Radau paragona giustamente a quello della sentinella, la quale montò per vent'anni la guardia davanti ad una porta murata in una deserta strada.

Ma che perciò? Non verrà forse il dì in cui quel lavoro cessi di essere una fatica di Sisifo o di Penelope, in cui quelle tenebre si rischiarino ai raggi di una gloriosa e splendida luce? E i muscoli della rana di Galvani eccitati dall'archetto metallico del medico di Bologna, non furono essi i precursori della Pila di Volta?

E poi, appunto perchè vastissima e innumerevole è la suppellettile dei fatti raccolti ed osservati, appunto perchè è generalmente sentito nella scienza del globo terracqueo il bisogno di ordinare, di classificare, di semplicizzare, appunto per questo (dico) tornano doppiamente utili gli insegnamenti d'indole essenzialmente sintetica come quello ch'io ho l'onore d'intraprendere oggi in vostro cospetto, o Signori. — Coordinare insieme una folla di teorie, che generalmente veggiamo presentate nei libri siccome sostanzialmente divise ed indipendenti fra loro; attingere alle più svariate ed insieme alle più autorevoli fonti una moltitudine di fatti, di osservazioni e di dottrine, aggiungendovi qua e là alcune modeste osservazioni mie proprie, e mostrando il nesso comune che insieme tutte le collega; far tesoro delle più recenti scoperte ed innovazioni, che vanno da capo a fondo infondendo una rigogliosa vita nelle scienze fisiche, per additarne le feconde applicazioni alla filosofia della natura; confessar lindamente ciò che ignoriamo, affermar lealmente e senza reticenze come senza baldanza ciò che sappiamo sul complesso delle forze o, per dir meglio, sulle varie manifestazioni della forza, dal cui lavorio i fenomeni della Fisica del Globo risultano; tale, o Signori, sarebbe, intenzionalmente almeno, lo scopo proposto al presente Corso di lezioni.

Possa la benevola vostra attenzione essere cattivata e soddisfatta dalla mia modesta parola, come io son sicuro di adoprare tutta la energia onde sono capace, per renderla il meno possibile lontana dalla dignità e dall'altezza somma dell'ufficio che mi venne affidato.

LEZIONE II.

Svolgimento Storico delle scienze Geografiche

—

SOMMARIO.

Importanza dello studio dello svolgimento storico in tutte le scienze, e specialmente nella scienza della terra. — La Geografia Mitologica. — Il Commercio e la Guerra, grandi fattori delle geografiche scoperte. — I Fenici. — La Terra di Tarsisc. — La terra di Ofir. — La Circumnavigazione dell' Africa: viaggi dei nocchieri di Necaone; di Sataspe; di Annone; di Eudosso; di Pitea; degli Sciiaci. — Angusti limiti delle cognizioni geografiche degli Antichi. — La spedizione di Alessandro, e le conquiste Romane, considerate come elementi di progresso nella storia della Geografia. — Le teorie geografiche di Pitagora e delle scuole di Samo e di Mileto. — Sistemi di Eratostene e di Ipparco. — Altri Geografi dell' antichità, fino a Tolomeo.

I.

Signori,

Dopo quello dei grandi fenomeni del mondo fisico e delle leggi eterne ed armoniche che li governano, non v' ha, a creder mio, spettacolo più degno dell' attenzione del filosofo, di quello che ci presentano le origini storiche dei vari rami dell' umano sapere. Egli è con un interesse simile a quello che destano in noi le peripezie di un dramma commovente, che assistiamo ai primi ed incerti e mal sicuri tentativi dello spirito indagatore per alzare

lembo a lembo il velo di cui natura (bene simboleggiata nell' Iside misteriosa) volle gelosamente coprire ogni vero, lo subite impensate difficoltà che, fatto un primo passo, sembrarono così di sovente rendere impossibile il secondo, il giubilante grido di *Aureka* di chi seppe vincere gli ostacoli innanzi ai quali il volgo indietreggiava, i nuovi e non preveduti orizzonti dischiusi da ogni scoperta, e quel mutuo legamo di figliazione e di parentela che insieme congiungo il trovato dell'oggi coi trovati dei tempi che furono e di quei che verranno, e che a Guglielmo Leibnitz fece dire: il presente è figlio del passato e padre dell' avvenire.

L' immaginazione degli antichi avea popolato l' universo di divinità, ora benefiche ora formidabili, direttrici di ogni fenomeno della natura. La vita esuberante ridondava dovunque, simboleggiata nei miti, personificata negli eroi, adorata nei templi eretti alle arcane e temute forze del Cosmo; al di là degli angusti confini della nativa contrada, l' uomo non sognava che il dominio doi portenti e di esseri favolosi: i monti Rifei, abitati dagli alati Dragoni; — le strane mostruosità degli Arimaspi, dei Pigmei, dei Ciclopi; — gli Orti delle Esperidi ed il perpetuo giardino delle Isole Fortunate; — l' isola di Calipso e quella di Circe, i Lestrigoni, i Cimerii, l' Atlantide, la Meropide, il lago Tritone. La scienza moderna, più grave ed austera, ha ad una ad una inesorabilmente detronizzato tutte qnelle maravigliose creazioni della Geografia mitologica, e posto in luogo loro i fatti positivamente accertati. — È forse divenuta perciò men bella la natura? E la poesia della verità è ella meno sublime della poesia dell' ignoranza?

Risponderà al quesito il breve ma fedele quadro istorico dei progressi della Geografia e della Meteorologia, che, a guisa d' introduzione al nostro Corso, stiamo per intraprendere. Un tale studio si divide naturalmente in due distinte parti, a seconda cho riguardiamo la storia dei fatti o quella delle teorie. Da un lato, stanno per ischierarsi dinanzi a noi gli avvenimenti cho grado grado condussero l' umana razza alla conoscenza più o meno imperfetta

del globo terracqueo; dall' altro, le dottrine scientifiche, alle quali la mente investigatrice domandò successivamente la spiegazione dei fenomeni osservati.

II.

Il Commercio e la Guerra furono in tutti i secoli i più energici moventi ed insieme le precipue occasioni delle geografiche scoperte. Fra i popoli ai quali l' antichità riconoscente attribuì giustamente la gloria delle più grandi, primeggiano i Fenici, viventi in una angusta e sterile striscia di terra, lunga 30 miglia o larga 5, tra il Mediterraneo, la Persia, l' Arabia e l' Egitto. Roma consisteva ancora soltanto di poche capanne di paglia, quando già i mercatanti di Tiro, di Sidone e di Sarepta si circondavano, nelle loro dorate magioni, di tutta la pompa dei re. Le loro colonie si stesero sulle rive del Mar Nero, nelle Cicladi, in Ispagna, sulle coste settentrionali d' Africa, ove edificarono Utica, Adrumeto e Cartagine, nel golfo Persico, sulle cui sponde gittarono le fondamenta di Tilo e di Arado. Usciti dal Mediterraneo, i loro navigli andavano sino alle coste dell' Jutland o della Pomerania, in cerca dell' ambra gialla o dello stagno, umili sostanze il cui commercio (ben dice A. Humboldt) più delle clamorose e cruente imprese degli eroi e dei conquistatori, contribuì ad estendere la conoscenza del mondo.

Intorno alla vera ubicazione di vari mercati dalle flotte fenicie visitati e dei quali occorrono i nomi ad ogni volger di pagina dei classici autori, molto disputarono i dotti. Dov' era, per esempio, la famosa terra di *Tarscisc?* Volney o Malte-Brun rispondono ch' ella era Tarso di Cilicia, mentre, giusta l' erudito Gosselin, quel nome significa in generale il grande ed aperto oceano. Non meno celebre nè men misteriosa è la decantata terra di *Ofir*, produttrice di metalli, alla quale andavano i Fenici e gli Ebrei, navigando il mar Rosso o varcando lo stretto di Bab-el-Mandeb, terra che Bochart pose in Arabia, e che oggi è creduta piuttosto la costa di Sofala sull' orientale lido africano.

III.

La grande preoccupazione, il favorito oggetto dell' antica intraprendenza marittima, fu la circumnavigazione dell' Africa, con lo scopo di andare per continua via acquea dal Mediterraneo ai mari dell' India.

Ad un faraone d' Egitto, Necho o Necaone, spetta la gloria di averne fatto o, per dir meglio, ordinato il primo tentativo. I legni Fenici (dice Erodoto) a tale uopo mandati dal principe egizio, uscirono dal golfo Arabico, percorsero l' oceano australe e dopo tre anni di viaggio, entrarono per le colonne d' Ercole nel Mediterraneo, ritornando in Egitto. Ma l' autenticità di questo racconto è seriamente impugnata da Gosselin e da Vincent; e per vero dire, egli è assai malagevole il credere che con piccole barche, le quali il padre della storia ha cura d' informarci erano nella cattiva stagione messe a terra dai loro nocchieri, abbiano questi osato affrontare le procelle del Capo di Buona Speranza, dove i Portoghesi di Bartolomeo Diaz nel 1486 indietreggiarono davanti alle tempeste che suggerirono alla musa di Camoens il mito del Gigante Adamastorre, e dove ai di nostri Dumont D' Urville misurò immani onde adergentisi a 33 metri di verticale altezza.

Il giro dell' Africa fu una seconda volta tentato, ma in opposta direzione, dal persiano Sataspe, patrizio che, essendosi macchiato di grave delitto, era stato condannato da Serse a morte crudele. Ma gli amici del colpevole indussero il monarca a commutar la pena nell' obbligo di una lontana navigazione. Uscito per lo stretto di Gibilterra dal Mediterraneo, Sataspe volse le prore a mezzodì e visitò la costa occidentale africana; ma, atterrito dal deserto squallore dei luoghi, tornò in patria, ove Serse inesorabile lo fece perire.

Più audace e più fortunato, il Cartaginese Annone seguì la stessa via del persiano navigatore, seco conducendo, su poderosa flotta,

Digitized by Google

ben trentamila persone, coll' intento di fondar colonie; oltrepassò il promontorio di Soloe (cho Rennell crede il Capo Cantin, ed altri il Capo Bianco, a 33° lat. N.), varcò le foci di un fiume Lisso (da Rennell supposto il S. Cipriano); giunse a Scherbro o Sierra Leona; vide una razza d' uomini selvaggi e tutti coperti di folto pelo, nei quali taluno riconosce oggidì quella feroce e poderosa genia di quadrumani Gorilla che, dopo il viaggio del naturalista Du-Chaillou, ha dato occasione a così vive controversie e che si riannette alla tanto dibattuta questione delle origini umane; e finalmente, per mancanza di viveri, fu costretto al ritorno.

Regnava in Egitto Tolomeo Evergete, quando un avventuriero per nome Eudosso, nativo di Cizica, si offerse al faraone per compiere, ritentando la via dei Fenici di Neco, la circumnavigazione africana. Più e più volte s' accinse egli all' impresa, senza riuscir mai a condurla ad effetto. Ma ciò che prova come la smania del meraviglioso sia molto antica nella storia dei viaggi, si è la massa enorme di favole che la tradizione ha appiccicato alle spedizioni di codesto Eudosso, il quale trovò (narravasi) sulla costa d' Africa una nazione tutta composta di sordo-muti, ed un' altra gente la cui bocca era perfettamente chiusa, non ricevendo gli alimenti che da un orifizio praticato nel naso.

Nel novero di quei vetusti navigatori, ricorderò ancora il nome del marsigliese Pitea, il quale trecento e venti anni prima di G. C. esplorò le coste occidentali della Spagna e della Gallia, poi quelle della bianca Albione e là, perduta nelle nebbie dell' Oceano, vide una terra cui chiamò Ultima Thule, probabilmente il gruppo delle Feroer, o quello delle Shetland; — quello di Scillace, di Coriando in Caria, che da Dario I. fu incaricato di esplorare le coste dell' Oceano Indiano; e di due altri Scillaci, contemporanei l' uno di Alessandro, l' altro di Polibio, all' ultimo dei quali è dovuto il famoso *Periplo del mare interno*, una delle più sistematiche descrizioni del Mediterraneo che ci abbia lasciato la classica antichità.

IV.

Ma, nonostanti queste ed altrettali spedizioni marittime o continentali, bene scarsa doveva essere invero la suppellettile delle cognizioni geografiche degli Antichi, se dobbiamo inferirlo dagli errori dei quali pullulano, sotto questo rispetto, i libri dei classici scrittori. L'Italia meridionale, la Grecia, l'Asia minore, la Persia, la Fenicia e l'Egitto fino alle cateratte di Siene, il Ponto Eusino visitato dagli Argonauti, segnano i confini della Geografia di Omero, al di là dei quali stendesi il fantastico dominio del portentoso e dell'ignoto; e la terra foggiata a forma di disco, circondata dal fiume Oceano, e il monte Olimpo in Grecia e gli Atlanti in Africa incaricati di sorreggere come colonne il pondo del Cielo, e i Dragoni dei monti Rifei, e i popoli Iperborei, e i Giardini incantati ecc. ecc. Tanta era, non solo nei poeti ma nei geometri eziandio, l'inesattezza delle notizie geografiche, che in Eratostene la maggior lunghezza della Sicilia è da tramontana a mezzogiorno, che il Capo Lilibeo vi è la punta più australe e non la più occidentale dell'isola, ed il Capo Pachino l'estremità orientale e non la meridionale. La Gallia non è per Strabone bagnata dal mare che dal lato boreale; e quel geografo pone in deriso Pitea, per aver detto che il promontorio Galbio, l'estrema punta della Bretagna, che noi diciamo Capo Finisterre, guarda verso ponente.

Meno ancora dell'Europa, erano naturalmente conosciute le altre parti del globo. Di due di queste (l'America e l'Oceania) non era tampoco sospettata l'esistenza; ed occorre invero un grande sforzo d'immaginazione per vederne quasi il presentimento nella Atlantide di Platone e nella Antilla di Aristotele. Le foci del Gange erano poste nell'Oceano orientale, e riunendo con una linea quel punto col mar Caspio, segnavasi con tal linea il confine dell'Asia, escludendone quindi nientemeno che l'Indocina, la China, gran parte della Tartaria o l'intera Siberia. L'*Asia al di qua* e l'*Asia al*

di là del Tauro, erano le grandi divisioni di quel continente. Nella prima stavano i popolosi e splendidi regni di Siria, Assiria, Babilonia, Persia, Susiana, Jonia, Cilicia; nella seconda, la barbarie ed il mistero.

Nell' Africa riponevano una inabitabile torrida zona, che ne occupava la massima estensione. Tutta quella parte del mondo era raffigurata in una specie di triangolo rettangolo, i cui due piccoli lati erano formati dal Nilo e dal Mediterraneo, e l' ipotenusa da rive inesplorate.

V.

Può la confessione riuscire umiliante, ma ad omaggio del vero è d' uopo farla: ad estendere l' idea della terra ed a favorire i progressi della geografia, lo spirito di violenza contribuì più energicamente della dotta o pacifica curiosità. Le vantate imprese dei conquistatori sono cadute nell' obblio, gli imperi da loro fondati a prezzo di torrenti di sangue andarono in rovina, gli archi trionfali o i monumenti che la stupida ammirazione dei loro schiavi innalzò ai grandi carnefici delle nazioni, non sono più che mucchi informi di macerie; ma l' umanità ha raccolto il tesoro delle cognizioni geografiche, climatologiche, fisiche, commerciali, che i movimenti degli eserciti e delle razze le hanno procurato; — e questo almeno è un tesoro che non perirà.

La spedizione di Alessandro appartiene alla storia della Geografia, più ancora che a quella della politica e della guerra. Per quanto sieno grandi le follie e turpi i delitti onde la vita del Macedone è macchiata, nessuno può contendergli il vanto di una mente sovrana, amica del progresso intellettuale. Dovunque egli traesse gli eserciti, era accompagnato da due abili geometri, Diognete e Betone, incaricati di misurare le contrade percorse dall' invasore; e lo scolaro di Aristotele avea cura di raccogliere, sulle produzioni dei tre regni della natura, tutte le notizie che potevano interessare la scienza.

La Siria, l'Egitto, la Persia, le rive dell'Iassarte e dell'Osso (due fiumi che anticamente erano affluenti del Caspio, ed ora, per un notevole esempio della potenza di quelle cause attuali che così spesso mutarono la faccia del mondo, portano il loro tributo al lago di Aral), la giogaia dell'Indicuh, l'India fino al Gange, ecco l'immenso teatro sul quale si estese la spedizione del glorioso figlio di Filippo.

Ma la parte sua più splendida e geograficamente più memoranda, fu il viaggio intrapreso dall'amico di Alessandro, l'ammiraglio Nearco, con una flotta di duemila legni lungo l'Indo. Percorso questo fiume fino alle foci, i Greci, entrati nell'aperto Oceano, videro per la prima volta l'imponente spettacolo della marea e il nuovo aspetto del cielo australe, e il porto di Organa (odierno Ormuz), e le foci del fiume Arosis, il moderno Endian Tab, e l'estuario del Tigri nella Susiana.

Ma più ancora delle conquiste macedoniche, ai progressi della Geografia contribuirono quelle del popolo romano. Il che non recherà certo meraviglia a chiunque voglia considerare l'influenza che sulla estensione della idea del mondo dovette esercitare la formazione di un impero, che dal capo S. Vincenzo in Portogallo, detto allora Promontorio Sacro d'Iberia, fino alla destra riva dell'Eufrate, e dalla estrema Caledonia fino ai deserti della Libia, abbracciava una superficie di 100 mila miglia geografiche quadrate ed una popolazione di oltre a 150 milioni di abitanti. La necessità di tenere raccolte sotto un medesimo scettro tante nazioni, diverse per lingua, per religioni, per costumi; la costruzione di una immensa rete di strade militari, che solcavano da un capo all'altro l'impero; la presenza continua delle legioni sulle frontiere minacciate dai Barbari, spiegano il perchè i dominatori del mondo annettessero tanta importanza a quelli *Itinerari*, dei quali è così frequente il cenno nei latini scrittori. Non appena Giulio Cesare ebbe raccolto in sua mano la somma dei poteri, una delle sue prime cure fu di promuovere un Senatoconsulto, che ordinava una generale misura dell'orbe romano, opera gigantesca, che nello spazio di 25 anni fu compiuta da tre geometri greci, Teodoto, Zenodoto e Policleto.

Digitized by Google

VI.

Se di presente, o Signori, dalla storia dei fatti geografici, volgiamo lo sguardo a quella delle teorie e dei sistemi immaginati per ispiegare, classificare ed ordinare le scarse cognizioni che l' antichità avea raccolte intorno alla figura ed alle parti della terra, il primo tentativo che ci si para dinanzi per introdurre in questa materia un metodo razionale e scientifico, è quello delle scuole astronomiche di Samo e di Mileto. All' antica rozza divisione della terra in *Climi*, determinati solo dalle varie specie di piante e di animali prodotte nelle diverse zone, uomini insigni come Talete, Anassimandro, Anassimene, Pitagora, cercarono di sostituirne un' altra, meno fallace e meno arbitraria, fondata sulla varia durata del più lungo e del più breve giorno dell' anno. Il concetto era probabilmente, come tanti altri principii fondamentali della filosofia, venuto dall' Oriente, dalla Caldea, dall' India o dall' Egitto, dove i meditabondi collegi sacerdotali avevano dalla più remota antichità imparato a scrutare i segreti della natura. Checchè di ciò sia, l' applicazione di un tale concetto riposava sull' uso del gnomone, asta eretta sopra un piano orizzontale, e mostrante, coll' allungarsi ed accorciarsi dell' ombra proiettata, l' elevazione del sole al di sopra dell' orizzonte.

Ma la gloria immortale di aver creato la prima veramente scientifica teoria geografica, spetta ad Eratostene, astronomo e filosofo dell' antica scuola Alessandrina, il quale potè profittare della immensa massa di documenti accumulati nella biblioteca della capitale dei Tolomei. Eratostene non tardò a comprendere ch' era impossibile formarsi della generale figura della terra una precisa idea, ed assegnare sovr' essa ai vari paesi il vero posto da loro rispettivamente occupato, se non partendo da una prima linea maestra, alla quale tutti i singoli luoghi potessero poi, come a base comune, riferirsi. Egli tracciò questa linea attraverso tutti i

Digitized by Google

punti, il cui più lungo giorno supponevasi della medesima durata; per conseguenza, una tal linea avrebbe dovuto coincidere perfettamente coll' equatore; ma l' imperfezione degli strumenti e dei mezzi di osservazione impedì ad Eratostene di adeguare praticamente questo scopo. L' estremità occidentale di quella linea mediana era il già ricordato Promontorio Sacro d' Iberia; passava poi in mezzo alle colonne d' Ercole, odierno stretto di Gibilterra; quindi traversava il mar di Sicilia, l' isola di Rodi, la pianura di Isso, celebre per la vittoria di Alessandro, la catena del Tauro, supposta dividere l' Asia in due parti; e, dopo aver tagliato ad angolo retto l' Eufrate ed il Tigri e valicato la catena dell' Imaus, finiva presso alla remota e favolosa città di Tineh, situata (dicevasi) in riva all' Oceano orientale. I luoghi sui quali passava questo primo parallelo, avevano (secondo Eratostene) 14 ore e $^1/_2$ di Sole per più lunga loro giornata. A certi determinati intervalli da questa prima linea, segnò Eratostene altri paralleli, che davano le *latitudini* dei vari luoghi. Poscia, ad angolo retto con essi, tracciò un primo *meridiano*, che cominciava a sud dell' isola di Ceilan (la Taprobane degli Antichi, la invidiata patria della cannella o cinnamomo), e seguiva a settentrione, toccando Meroè, erroneamente creduta alla stessa longitudine della punta estrema dell' India; quindi scendendo il Nilo, passava per la cateratta di Siene, reputata immediatamente sotto il tropico, poi per la città di Alessandria, per Rodi, l' Ellesponto, Bisanzio, le foci del Boristene, e, traversata l' Europa, andava a finire a quell' *ultima Thule*, che Pitea additò come l' estrema terra boreale del mondo.

Disegnando poi tanti meridiani quante erano le località cercate, Eratostene assegnava le *longitudini*, le quali coi paralleli delle latitudini formavano così una specie di rete di linee, in cui era possibile determinare la rispettiva posizione di tutti i punti della terra.

Quantunque le determinazioni di Eratosteno siano per la più parte errate ed inesatte, è impossibile però non ammirare la sagacia, con la quale quel grand' uomo stabilì un principio metodico, da cui la scienza non si è più mai sostanzialmente dipartita.

VII.

Ma l' opera di Eratostene fu compiuta e perfezionata da Ipparco, fiorente 160 anni circa prima dell' E. N., il quale soggettò tutta la scienza geografica ad astronomici principii. I suoi lavori per formare un Catalogo di stelle, disponendole giusta il vero posto da esse occupato nei cieli, furono giudicati così maravigliosamente stupendi dagli Antichi, che Plinio dichiarava sarebbero stati ardui e gloriosi anche per un Dio. Egli era stato preceduto però di oltre un secolo da Timocari ed Aristillo, i quali prepararono il terreno, sul quale Ipparco innalzò il suo maestoso edificio scientifico. Trasferire le osservate latitudini e longitudini degli astri ai punti loro corrispondenti sulla superficie terrestre, e così fissare la posizione di questi ultimi punti con una esattezza, che nessuna diretta misura itineraria avrebbe mai potuto raggiungere, tale è il semplice quanto fecondo concetto di Ipparco. A lui spetta pure il vanto di aver primo indicato il metodo di accertare le longitudini mercè dell' osservazione degli ecclissi di sole e di luna.

Passando sotto silenzio i lavori di altri antichi geografi, quali Strabone, Mela, Plinio, Marino di Tiro, Posidonio, Dicearco di Messina, vengo di sbalzo all' ultimo ed al più illustre cultore della geografia, che abbia avuto l' antichità. Adottando interamente il sistema metodico di Ipparco, Tolomeo soggettò a dati astronomici la determinazione dei luoghi terrestri; vide e corresse l' errore che aveano commesso i suoi predecessori, di fare i gradi di longitudine eguali sotto ogni latitudine; e sebbene egli non introducesse alcun principio essenzialmente nuovo nella scienza, ebbe però il fortunato ardire di raccogliere, comparare, ordinare, in una vasta enciclopedia geografica, tutti i materiali, che si erano venuti confusamente accumulando prima di lui.

Ma, nonostante la diligenza e lo zelo onde feco prova l' astronomo di Alessandria, una folla di errori s' insinuarono nella sua

Digitized by Google

compilazione. Invece di rappresentare i meridiani con linee curve gradatamente accostantesi le une alle altre, egli li disegnò con linee parallele, sbagliando così tutte le longitudini. Nel senso delle longitudini la terra era porciò effigiata come molto più grande che in quella delle latitudini. Indi la strana lunghezza (di ben 20 gradi maggiore del vero) assegnata al mare Mediterraneo. Anche le latitudini sono spesso errate nel sistema Tolomaico: così le foci della Senna sono poste un grado troppo al nord; quelle del Reno, quasi due gradi; la città di York, circa tre gradi, ecc.

Altro o più fatale errore di Tolomeo, errore più astronomico che geografico, che ottenebrò le menti fino al gran secolo di Copernico e di Galileo, fu quello di supporre la terra il centro immobile, attorno al quale il sole ed i pianeti e gli astri tutti descrivono le orbite loro.

Ma è tempo, o Signori, di concludere questa rapida sintesi del sapere geografico dell'antichità. Altre due successive lezioni, consacrate ai progressi della geografia e della meteorologia del medio evo e dei tempi moderni, daranno compimento a questa storica introduzione, che ci sarà poscia, io spero, di gran lume nel teorico svolgimento delle dottrine comprese nel nostro insegnamento.

Digitized by Google

LEZIONE III.

Svolgimento Storico delle Scienze Geografiche

(*Segue*)

SOMMARIO.

Segue il Quadro Storico dei progressi della Geografia e della Meteorologia. — Medio Evo. — Arabi. — Crociate. — Mongoli. — Missionari e Viaggiatori terrestri: Ascelino, Simone da S. Quintino, Giovanni De Piano Carpini, Van Ruysbroeck ecc. — Il Prestegianni. — Oderico, Balducci, Clavijo, Covilhan, Mandeville ecc. — I Polo. — I grandi navigatori italiani: Vivaldi, Doria, Usodimare, Cadamosto. — La Bussola. — I Portoghesi: Zarco, Vaz, Gillanez, Aveiro, Po, Behaim, Diaz, Gama. — Il Capo di Buona Speranza. — Colombo e la scoperta dell' America. — Magalhaens, Del Cano e la prima circumnavigazione del globo.

I.

Signori,

La sintesi storica, che noi abbiamo nella scorsa lezione intrapresa, dei progressi delle scienze gografiche, ci ha ora condotto ad uno dei più singolari periodi degli annali del genere umano, a quel periodo durante il quale gli Arabi, antichi e temuti ed insieme spregiati ladroni del deserto, scossi dalla voce del loro Profeta, si tramutarono quasi per incanto in cavallereschi conquistatori dell' Asia, dell' Africa e dell' Europa, ed in cultori felici ed entu-

Digitized by Google

siastici di ogni ramo dell' umano sapere. Coloro che vanno tuttodì ripetendo la leggendaria istoria dell' incendio della biblioteca di Alessandria, eseguito da Amrù ed ordinato dal califfo Omar (storia che il dottissimo Guglielmo Libri ha meritamente ridotto alle meschine proporzioni di una calunniosa favola), dovrebbero, parmi, rammentare che in un' epoca in cui l' Europa non sapea leggere, in un' epoca in cui possenti imperatori come Carlomagno firmavano le loro leggi e i tanto lodati Capitolari con un segno di croce, ed in cui i frati ignoranti o fanatici cancellavano dalle pergamene e dai codici le creazioni venerande del genio dell' antichità, per sostituirvi le loro stupide giaculatorie, gli Arabi creavano dal nulla la nuova aritmetica, l'algebra, la trigonometria, la chimica, davano un impulso non mai prima veduto all' astronomia ed alla medicina, alzavano presso Granata gli archi eleganti e le svelte colonne dell' Alhambra, ed al tempo stesso coprivano di fiorenti città le rive dell' Eufrate e quelle del Guadalquivir.

La Geografia, non meno delle altre nobili discipline, occupò le penne di alcuni dei loro più eminenti scrittori: Masudi ed Ebn Aukal, nel nono e nel decimo secolo; Abulfeda ed Edrisi, nel dodicesimo e nel decimoterzo; e poi altri ed altri in gran numero. Nell' anno 833 il califfo Almamum intrapreso, mercè di osservazioni di latitudine, fatte a Kufa e nel deserto di Palmira, una misura della circonferenza del globo. Le tavole di Abul-Feda, di Ulug-Beg, di Nazir-Eddin, pubblicate poi ed illustrate da Grevio e da Hudson, forniscono preziosi elementi, onde i cartografi si servono ancora oggidì nella costruzione delle mappe dell' interno dell' Asia.

Molte contrade fino allora sconosciute e barbare, furono esplorate dagli Arabi e per loro opera incivilite. Le rive dell' Osso e dell' Iassarte videro sorgere per mano loro grandi città, fra le quali Samarcanda, capitale poscia di un impero che abbracciò la metà dell' Asia. All' opposta estremità occidentale, la Mauritania, odierno Marocco, che dai Romani consideravasi siccome posta fuori dei limiti della sociale convivenza, divenne un florido reame, che nella città di Fez possedeva un glorioso centro di studi.

Digitized by Google

Nel nono secolo, due Arabi viaggiatori, Wahad ed Abuzaid, penetrarono nel cuore della Cina, e diedero di quest' impero una descrizione, che meritò recentemente di essere tradotta nel francese idioma dall' erudito Renaudot. Da Lisbona altresì salpavano i fratelli Almagrurin, tentando anticipare le scoperte, dalle quali fu poscia immortalato Colombo, con esploraro ignote contrade al di là del « Mare Tenebroso ».

II.

L' Europa cristiana consumavasi intanto nelle sterili convulsioni della barbarie e poscia nella mortale atonia della feudalità. Anche le imperfette cognizioni dei geografi antichi si perdettero, con ogni altro elemento dell' umano sapere, dopo la caduta dell' Impero d' Occidente.

Pur nondimeno, in mezzo alla universale ignoranza, è possibile rintracciare ancora in quell' epoca qualche vestigio di umana operosità intesa ad ampliare l' idea della terra. Tali sono le missioni cristiane, intraprese per la conversione dei pagani settentrionali, cioè delle tribù Slavoniche, stanziate nella Polonia, in Prussia, nella Livonia. L' anglosassone Wilfrido, nominato dal Papa apostolo dei Germani, S. Ottone, vescovo di Bamberga, ed Anscairo, monaco di Corbia, penetrarono allora sulle sponde del Baltico e nei barbari reami di Svezia e di Danimarca.

Ma le più audaci e le più memorande spedizioni di quella età furono intraprese da una rozza ed oscura schiatta di pescatori e di pirati, Norvegi e Danesi, o (come allora si chiamavano) *Normanni* (uomini del Nord). Essi conoscevano per conquista gli arcipelaghi delle Orcadi, delle Shetland e delle Ebridi, e la costa occidentale d' Irlanda. Le loro flottiglie entrarono anche a più riprese nel Mediterraneo ed approdarono vittoriose ai lidi della nostra bella penisola ed a quelli di Sicilia. Verso il Nord, essi fondarono colonie in quella singolare terra di fuoco e di ghiaccio, che

Digitized by Google

si chiama Islanda. Ma la più importante scoperta dei pirati Normanni è, senza dubbio, quella della boreale America, tuttocchè il merito di questa scoperta sia piuttosto da attribuirsi a fortunato caso, anzichè al valore di quelli ignoranti navigatori. Sul cominciare dell' undecimo secolo, Thorwaldo e Leif, due Islandesi, furono dalla procella gittati sulla costa di una deserta contrada che, al paragone coll' algido loro paese nativo, trovarono essi dotata di mite ed ospitale clima. La breve ma calda estate di quelle alte latitudini avea coperto le rive di fresca vegetazione, che i naufraghi credettero vigna, talchè *Vinland* (o terra del vino) appellarono la scoperta regione, da loro poscia chiamata *Greenland* (o terra verde), Groenlandia. Altri Normanni recaronsi quindi, sulle loro tracce, a stabilirvisi; e l' attività e lo spirito intraprendente di quei pirati avventurieri sono oggi ancora attestati, su quelle deserte piagge, da monumenti affatto simili a quei tanto conosciuti menhirs o cromlechs o pietre fitte, che la razza celtica seminò in tutta l' Europa centrale ed occidentale, dalla Sardegna fino al paese di Galles, e dal mar di Guascogna fino all' Elba ed al Weser.

III.

Ma i due avvenimenti che, nella storia del Medio Evo, hanno, agli occhi del Geografo-filosofo, la maggiore importanza, sono le Crociate e le conquiste Tartaro-Mongoliche.

Per quanto fosse cieco e selvaggio lo zelo che ispirò le prime Crociate, è impossibile pur tuttavia il disconoscere di quale immenso giovamento esse sieno state al progredire della civiltà. Se i fanatici seguaci di Pier l' Eremita e di Goffredo di Buglione non riuscirono a stabilire durevolmente l' impero della Croce là dove regnava la Mezzaluna, si è però al loro invitto coraggio che noi andiam debitori di una navigazione fatta più ardita nel trasportare i Fedeli e le loro immense vettovaglie, della felice esplorazione di tante e sì diverse contrade, dello stabilimento dei Consolati in

Levante e di mille svariati perfezionamenti nell' industria e nelle manifatture. L' attenzione dell' Europa fu, per tal guisa, rivolta a quelle interessanti e memorabili regioni, fino allora troppo mal conosciute pei magri e fallaci rapporti di qualche povero e fugace pellegrino. Non solamente la Terra Santa coi regni di Gerusalemme e di Edessa, fondati dai guerrieri di Cristo, ma eziandio gli ampi domini dei Saraceni e dei Turchi, divennero oggetto di attiva e perseverante ricerca. Egli é allora che il veneziano Marin Sanuto compilò un Mappamondo, nel quale Gerusalemme é posta nel centro della terra, e questa é formata, ancora quasi come in Omero, a foggia di disco circondato dall' Oceano, le cui sponde sono dovunque rappresentate come equidistanti dalla Santa Città, unica metropoli spirituale dell' universo.

Più ancora che dalle cavalleresche ma infelici imprese dei Crociati, gli sguardi dell' Europa furono attratti verso l' Asia da una grande rivoluzione, di cui questa parte del mondo fu il teatro nei secoli XIII e XIV. — Nessuna razza di conquistatori ha giammai dilatato cotanto la propria dominazione sopra il nostro pianeta, quanto quella dei Tartari-Mongoli i quali, pastori, nomadi, eccellenti cavalieri e predoni formidabili ai loro vicini, tennero per più secoli soggetti i troni di Pechino, di Delhi, di Ispahan, di Costantinopoli. A mezzo il XIII secolo, abbandonarono quelle orde feroci l' altipiano centrale che sovrasta al N. O. della Cina, e seguendo il truce loro capo Zingis (o Gengiskan), s' impadronirono, in mezzo a torrenti di sangue, delle provincie settentrionali del Celeste Impero; conquistarono poi l' India e la Persia, ruppero i Carismiani in riva al Caspio, e vennero a piantare minacciosi le loro tende sulle rive dell' Eufrate e fra le gole del Caucaso. Ogni anno aggiungevano un nuovo regno alla sterminata monarchia, la quale dalla muraglia cinese stendevasi fino al Danubio ed alla Vistola, e dal mare delle Indie fino al fondo della Siberia; sicchè il più ambizioso de' suoi principi (Timur-Lenk, che noi diciam Tamerlano) parve aver quasi ragione dicendo: « In cielo un Dio solo, — un sol padrone sulla terra! ».

L'Europa tremava all'annunzio di quei nuovi Barbari, peggiori e più sinistri degli Attila e degli Alarici, i quali per monumenti del loro passaggio lasciavano immensi ossuari o piramidi formate di teschi dei vinti loro nemici. — *Tartari quia ex Tartaro*, dicevasi di costoro, la cui patria non poteva essere che l'Inferno. Papi e principi spedirono a gara ambasciatori, per frenare la furia dei temuti invasori. Una folla di poveri frati furono tratti fuori dai tranquilli loro chiostri, e spediti attraverso a sconosciuti continenti, a placar le ire dei più feroci guerrieri. Il più delle volte furono cotesti messaggieri di pace accolti dal riso e dal sogghigno dei vincitori; ma tornarono in Europa, ricchi delle più preziose cognizioni geografiche, da loro poi propagate nelle città, nei conventi, nelle campagne o fin nei più umili casolari. A questo titolo, i nomi di Ascelino, di Simone da S. Quintino, di Alessandro, di Alberto, di Giovanni Do Plano Carpini e sopratutto del fiammingo Van Ruysbroeck (più noto sotto il francesato nome di Rubruquis) i quali tutti viaggiarono la Siria, la Mesopotamia, la Persia, la Tartaria, gli Altai, le steppe della Zungaria ed il deserto di Gobi, devono essere ricordati con rispetto e riconoscenza non solo nella storia della geografia, ma in quella ancora della civiltà.

IV.

Una strana, superstiziosa credenza si sparse allora nel mondo cristiano, e contribuì possentemente anch'essa ai progressi della conoscenza del nostro globo. Doveva esistere (dicevasi, e la novella ansiosamente si ripeteva nei conventi e nelle castella e nel seno delle famiglie) un immenso e popoloso, florido impero in remote contrade orientali, governato da un principe sapiente e buono, da un nuovo Salomone, cui si dava il nome di *Prete Giovanni*, e che era nel Levante un Papa Santo, come in Occidente il pontefice di Roma. Desiderio di stringere alleanza fra i due

Digitized by Google

Vicari di Dio, di visitare i suoi palazzi, le sue ricchezze, il suo perpetuo giardino, accese gli animi di molti avventurieri. E dall' Italia partirono Oderico da Pordenone e Francesco Balducci-Pegoletti, dal Portogallo Pedro de Covilhan, dalla Spagna Ruy Gonzalez Clavijo, visitando le rive del Mar Rosso, del Golfo Persico, del Nilo, poichè incerta era la sede del Prete Giovanni. Tornarono senza averlo trovato, ma seco recando una più precisa e minuta notizia delle percorse contrade. Nè è qui da tacere il nome dell' inglese John Mandeville, famoso impostore, il quale, andato anch' esso in cerca del Prete Giovanni, sparse ed accreditò le più strane favole sopra supposti fiumi di diamanti, ed isole di colossi e di pigmei, e paesi pieni di gemme e di pietre preziose; notizie che quanto meno credibili, tanto più erano facilmente credute ed avidamente raccolte, ad accendere e solleticare le ardenti fantasie. — Tutto così, la verità come l' errore, preparava il mondo ad una nuova êra di insigni scoperte e di grandi imprese.

V.

In Italia frattanto la libera costituzione dei Comuni, il più pronto rinascimento della vita letteraria e scientifica, l' esercizio fortunato delle industrie, dei commerci e della navigazione imprimevano straordinaria attività negli spiriti e smania di cose nuove nella nazione. Un gran numero di arditi avventurieri partivano dalle nostre città, in cerca di onori e di ricchezze in lontane e perigliose peregrinazioni. Gli uni preferivano le vie marittime: tali i genovesi Ugolino Vivaldi e Tedisio Doria, i quali 200 anni prima che i Portoghesi, più avventurati di loro, conducessero a buon fine l' impresa, andarono veleggiando lungo le coste africane sull' Atlantico, in traccia di un diretto passaggio ai paesi delle spezierie; ma, assaliti da violente procelle, perdettero miseramente la vita. Tali pure il genovese Antoniotto Usodimare ed il veneziano Giovanni Cadamosto, i quali scoprivano le isole

del Capo Verde. Altri invece andavano per vie terrestri, quali il già ricordato Marin Sanuto, che percorse l' Arabia e l' Armenia; Nicolò de' Conti, che visitò la Siria, la Persia e l' India; Zeno e Contarini, i quali traversarono la Russia o la Siberia.

Ma il più celebre di questi viaggiatori italiani è, senza dubbio, Marco Polo, patrizio veneziano, il cui padre e lo zio, Maffio e Nicolò, aveano soggiornato a lungo nella Tartaria e nella Cina. Egli impiegò 24 anni nel viaggiare le più remote parti dell'Asia. Fatto poscia prigioniero dai Genovesi, ingannò i lunghi tedii del carcere dettando, sotto il titolo di *Milione*, un racconto delle sue pellegrinazioni il quale, dopo essere stato lungo tempo considerato come un ammasso di favole ed un tessuto di falsità, venne poi dalla moderna critica riconosciuto veritiero nelle più essenziali sue parti, ed è oggi tradotto ed ammirato in tutti gli idiomi di Europa.

Marco Polo cominciò il suo viaggio lunge le rive settentrionali dell' Asia Minore, sede allora di una fiorente dinastia Turca. Traversò quindi l' Armenia, lungo le giogaie dell' Ararat, e scendendo l' Eufrate pel Curdistan andò a Bagdad, già non più la temuta metropoli del Califfato, ma ancora importante città dell' impero Tartarico. Visitò il grande emporio di Ormuz, e procedendo quindi a levante pel grande deserto salato, vide Balkh, ricco mercato dell' Asia Centrale, la Casmiria (celebre pei suoi tessuti di lana), il Budaksan (famoso per le sue miniere di rubini), ascese l' altipiano di Pamere, ed entrò nelle vaste città tartare di Yarkand e di Kashgar. Varcato il confine della Cina boreale (ch' egli chiama il *Cathai*), ne visitò la capitale Cambalù, odierna Pekino; scese nella Cina meridionale, da lui detta il *Mangi*, e la sua metropoli Quinzai gli offerse non mai veduti splendori. Imbarcatosi sul Mar di Cina, Marco Polo tragittò all' arcipelago Indiano, da lui chiamato *Sipango*, visitò l' Isola di Sumatra, poi le coste del Coromandel e del Malabar, e pel Mar Rosso fece ritorno in Europa.

Non v' ha per fermo in tutta la storia della geografia (ad eccezione di quello di Colombo) il nome di un uomo che con sì scarsi

mezzi abbia tanto giovato, quanto Marco Polo, ai progressi di questa disciplina.

VI.

Ma alle individuali glorie di un coraggioso viaggiatore il Portogallo può contraporre la gloria collettiva di un popolo intero. — Il desiderio di trovare una via marittima che conducesse direttamente alle Indie, senza pagare tributo agli intermediari commercianti italiani, era già antico a Lisbona. Il principe Enrico, figlio del re Giovanni (ch'era salito al trono nel 1411) promettova larghi guiderdoni al valoroso pilota che riuscisse nell' impresa.

Nell' anno 1418 una nave allestita da duo avventurieri (Giovanni Gonzales Zarco e Tristano Vaz) approdò in un' isola sconosciuta, cui chiamavano Porto Santo; l' anno appresso, coll' aiuto di Bartolomeo Parestrello, questi due nocchieri scopersero Madera. Poco dopo, Gilianez visita il Capo Bójador; Cadamosto ed Usodimare scoprono l' arcipelago del Capo Verde; Pedro d' Escobar passa la temuta linea equinoziale; Fernando Po s' inoltra alle isole S. Tommaso, del Principe e a quella cui lasciò il suo nome; il tedesco Martino Behaim, l' inventore dell' astrolabio, ed Alfonso d' Aveiro perlustrano la costa del Congo e quella di Benim. Bartolomeo Diaz nel 1487 scopre il Capo dello Tempeste, del quale il re Giovanni II vuol cambiato il sinistro nome in quello, meglio augurato, di Capo di Buona Speranza. Vasco di Gama nel 1497 lo oltrepassa, visita la costa di Natal, naviga il canale e le isole di Mozambico, tocca le città di Quiloa e di Melinde, il Capo Guardafui, ed il 18 maggio 1498 getta le ancore sulla costa del Malabar. L' impresa della circumnavigazione dell' Africa, indarno tentata da Necaone, da Sataspe, da Annone, da Eudosso, da Vivaldi, da Doria, era omai compiuta; la grande vittoria della geografia potea dirsi finalmente riportata. E tuttociò avveniva in quel memorando secolo XV, il quale insieme vedeva la caduta di Costantinopoli

in mano ai Turchi, la invenzione della stampa, quella dell' artiglieria, il rinascimento delle lettere e delle scienze, il risvegliarsi dello spirito d' esame, la riforma religiosa, la scoperta dell' America; secolo che chiude il medio evo ed incomincia l' èra moderna, l' epoca più memoranda della storia del genere umano. — Vi hanno veramente, nella grande curva degli annali della umana famiglia, punti singolari, non meno decisivi di quelli che si riscontrano talora nella piccola curva della vita degli individui!

Quelle ardite esplorazioni geografiche furono mirabilmente aiutate da un trovato che, sebbene anteriore a quella età, non venne però prima di essa largamente applicato alla navigazione, quello, voglio dire della proprietà direttiva dell' ago calamitato. Gli Arabi e poi i Provenzali usavano sospendere (come consta da una canzone del trovatore Guyot de Provins, che appella *Mariniera* quello strumentò) un pezzo di calamita ad un corpo leggero, come sughero o paglia natante in un vaso d' acqua. E questo congegno era probabilmente da molto più antica data adoperato dai Cinesi, che lo insegnarono agli Arabi. Pier delle Vigne, Guido Guinicelli, Brunetto Latini e quanti altri scrittori, fino a Dante inclusivamente, parlarono dell' ago calamitato, fanno bensì menzione della sua caratteristica proprietà, di diriger la punta al polo, ma niuno v' ha che accenni alla bussola propriamente detta, cioè all' ago stesso sospeso liberamente entro ad apposito ricettacolo. Ed è forse questa l' idea dovuta a quel Flavio Gioia di Amalfi, a cui erroneamente si attribuì finora la scoperta stessa della facoltà direttrice della calamita.

VII.

I progressi delle scoperte geografiche, fatti una volta i primi arditi passi, furono mirabilmente rapidi e grandi. — Cristoforo Colombo, volendo cercare una continua via marittima che dalla occidentale costa d' Europa mettesse alla orientale d'Asia, o, come disse

Digitized by Google

egli stesso nel suo energico linguaggio, volendo *buscar el levante por el poniente*, approda il 12 ottobre 1492 ad una delle più piccole isole delle Lucaie, che gli indigeni chiamavano Guanahani, ch' egli nomò S. Salvador, e che oggi porta il nome di Cat-Island. Da quel giorno le scoperte si succedono alle scoperte su quella terra che un cartografo tedesco, Waldsee Muller, chiamò pel primo terra di Amerigo od America. Nell' anno 1499 Pedro Alvarez Cabral tocca al Brasile; poco prima Sebastiano Caboto visitava il Labrador e l' America boreale; Alfonso di Hojeda penetra nel 1502 nell' interno della meridionale; Diaz de Solis scopre il Rio della Plata, ed Amerigo Vespucci perlustra i lidi della Patagonia; Vasco Nuñes di Balboa dà nome all' Oceano Pacifico; Ponzio di Leon si stabilisce nella Florida; Grijalva scopre il Messico, che Fernando Cortez conquista, mentre Francesco Pizzarro occupa il Perù, e Diego d' Almagro il Chili.

La grande idea di Colombo di circumnavigare il globo, di andare, cioè, a levante per la via del ponente, fu ripresa nel 1520 dal portoghese Magalhaens, che noi diciamo Magellano; il quale, varcato lo stretto che porta il suo nome tra l' ultima punta del continente Americano e la Terra del Fuoco, fu ucciso nelle isole Filippine. Ma i suoi compagni proseguirono il viaggio, e comparvero dinanzi agli attoniti Portoghesi nelle Moluche, condotti dal luogotenente di Magellano, Sebastiano Del Cano, che assunse per istemma un globo con la bella leggenda *Primus circumdedisti me!* Gli audaci piloti, dopo tre anni di viaggio, tornarono in Europa pel capo di Buona Speranza; e così non vi fu più scettico che potesse oramai dubitare della sfericità della terra.

Tale, o Signori, è in breve ma fedele pittura il quadro degli immensi progressi compiti dalla geografia, dalla caduta dell' Impero di Occidente, fino alla metà del secolo XVI. Ad eccezione della Oceania, le varie parti del globo erano omai conoscinte nei loro grandi lineamenti; l' immenso Oceano era solcato da coraggiosi esploratori, e i continenti vedevano ogni giorno pellegrini intenti a rapir loro i segreti non pure sospettati dalla più dotta antichità.

Digitized by Google

A compiere ora questo nostro riassunto istorico, resta che enumeriamo le più recenti conquiste operate dal moderno spirito d' investigazione, per rivolgerci poscia alla esposizione delle grandi teorie della scienza. Sarà questo appunto il compito assegnato alla prossima nostra lezione.

Digitized by Google

LEZIONE IV.

Svolgimento Storico delle scienze Geografiche

(*Segue*)

SOMMARIO.

La moderna Geografia astronomica. — Demolizione dell' autorità di Tolomeo. — Peiresc. — Galileo. — Cassini. — Picard. — De la Hire. — Maupertuis. — La Condamine. — I Cronometri e le longitudini. — Scoperte nello spazio pelagico. — La Nuova Olanda. — Gli Arcipelaghi Oceanici. — Il Passo del Nord-Ovest. — Le scoperte australi. — Le scoperte continentali in Asia, in Africa, in America, in Oceania. — L' Etnografia. — La Geografia fisica. — Le scienze naturali. — La Meteorologia. — Il poeta Lucrezio. — Galileo e Bacone. — Lavoisier. — Maury. — Il Congresso di Brusselle. — Conclusione della sintesi storica.

I.

Signori,

Tra i vari rami dell' umano sapere, è così stretto il legame, è così intima la correlazione, che nessuna scienza può dirsi affatto indipendente da tutte le altre. Vi hanno bensì alcune discipline, alle quali compete in certa guisa il titolo di primarie, siccome quelle che possiedono una esistenza quasi autonoma, in quell' atto stesso che servono di base e di scaturigine prima ad altre scienze, le quali, a loro rispetto, rivestono, a così dire, il carattere di secon-

Digitized by Google

darie. Tali sono, per esempio, l'aritmetica, l'algebra e la geometria, prolifiche genitrici di tutti i rami delle moderne matematiche. Ma tutte le altre parti dello scibile sono strettamente fra loro connesse, talchè il progresso dell'una implica e suppone quello di tutte le altre.

La scienza che forma il soggetto di questo nostro Corso, la Geografia, la quale, come tutte le altre, deve la sua origine ai bisogni dell'uomo unitamente all'innato suo desiderio di sapere, è pervenuta al presente suo stato di perfezione mercè l'aiuto di parecchie altre discipline ed altresì di un gran numero delle arti meccaniche ed industriali che l'umano ingegno ha creato. Essa va più particolarmente debitrice verso le scienze matematiche, sia direttamente, per le regole ed i metodi adoperati a misurare la figura e le dimensioni della terra, e la posizione delle differenti parti alla sua superficie; sia indirettamente, pei sussidii che ha ricevuto dall'astronomia, dalla navigazione e da altre dottrine che nelle matematiche hanno il loro fondamento, come ho fiducia di potervi dimostrare, o Signori, nelle mie prossime lezioni, le quali a questo ramo appunto della scienza della terra saranno consacrate. Innumerevoli poi sono le sue obbligazioni alle arti industriali: e chi non sa che ogni passo che è stato fatto nella costruzione e direzione delle navi, nella fabbricazione degli strumenti di osservazione e di precisione, ha contribuito al progredire delle geografiche cognizioni?

Ma i moderni perfezionamenti della Geografia furono cominciati con un'opera di demolizione, diretta contro gli errori di Tolomeo. Il primo crollo alla sua autorità venne dalla verificazione della latitudine di Costantinopoli, fatta eseguire nel 1574 da Amurat III, mercè della quale fu provato che la capitale europea dell'Impero turco trovasi ben due gradi più meridionale di quella che le antiche autorità le avevano assegnato. Ma il più autorevole e serio grido di allarme contro la supposta infallibilità dell'astronomo di Alessandria si udì nel 1635, quando il geometra francese Peiresc fece osservare a Marsiglia ed in Aleppo un ecclissi di luna. Richia-

mando in onore un concetto anticamente esposto da Ipparco, questo illustre matematico propose di adoperare l'osservazione degli ecclissi per fissare la longitudine dei luoghi. Se, infatti due osservatori, situati l'uno più a levante, l'altro più ad occidente, vedono il fenomeno celeste cominciare ad ora diversa, la differenza dell'ora darà la misura della differenza di longitudine, potendosi convertire le ore in gradi in ragione di 15 gradi per 1 ora, di 15′ di grado per ogni minuto di tempo, e di 15″ di grado per ogni secondo di tempo. Ora, la differenza di longitudine fra Marsiglia ed Aleppo fu trovata da Peiresc non già di 45°, come per lo innanzi si reputava, ma bensì soltanto di 30°. Un così enorme errore, in una dimensione che fra tutte era la più agevole ad accertarsi, bastò a scuotere la cieca fiducia che erasi fino allora riposta nelle determinazioni di Tolomeo. Numerose osservazioni di ecclissi cominciarono a farsi; ma non si indugiò gran fatto a scoprire che questo solo modo di verificare le longitudini era infetto a sua volta da gravi imperfezioni. Nella disamina di 56 ecclissi, catalogati da Riccioli, non ve ne erano due soli osservati nelle stesse due località dai medesimi due astronomi, che porgessero la identica quantità di longitudine; persino lo stesso ecclissi dava risultati molto differenti, se osservato ai suoi quattro periodi critici. Riconoscendo ch'era impossibile ovviare ad errori di tre od anche di quattro gradi, s'ingenerò, a mezzo il XVII secolo, l'opinione che non rimanesse altro mezzo se non quello di ricorrere a dirette misure itinerarie. Eppure il grande Galileo aveva, fin dal 1610, indicato un sistema ben più accurato e preciso per determinare le longitudini, giovandosi della osservazione dei satelliti di Giove, da lui poco prima scoperti. Ma il fecondo concetto dell'astronomo pisano non fu a tutta prima accolto col meritato favore; e quando il re di Danimarca mandò a Firenze i dotti Hortensius e Bleau, per imparare dalla bocca dell'italiano filosofo l'uso della sua scoperta, i due scienziati danesi trovarono il grand'uomo involto nelle persecuzioni che l'ignoranza o la superstizione avevano contro di lui suscitate. Ed il trovato di Galileo fu quindi di poca utilità fino al 1688, quando

Cassini pubblicò le sue famose Tavole delle rivoluzioni e degli ecclissi dei satelliti di Giove; e tre anni dopo, lo stesso astronomo di Perinaldo col suo collega Picard ne fecero fortunata applicazione, per determinare la controversa longitudine di Parigi e di Copenhagen.

II.

Al governo francese spetta incontrastata la gloria di aver dato il più vigoroso impulso alla nuova scientifica direzione degli studi geografici. Due accademici, Picard e De la Hire, ebbero l' incarico di costrurre una nuova mappa della Francia, fondata sopra astronomici principii; operazione nella quale si trovarono quasi sempre costretti a ridurre le antiche dimensioni, ch' erano state soverchiamente esagerate, togliendo un grado intero sulla costa fra la Bretagna e la Guascogna, e mezzo grado a quella di Linguadoca e di Provenza; talchè il re Luigi XIV ebbe facetamente a rimproverare i due accademici di avergli rubato una parte del suo reame. Altri scienziati furono mandati dalla Francia a determinare la longitudine della Gorea sulla Costa d' Africa, e delle isole di Guadalupa o Martinica nelle Antille. Spedizioni su più larga scala vennero inviate, sotto la direzione di Maupertuis, al circolo polare artico, e, sotto quella di Lacondamine, all' equatore. La determinazione della figura della terra per mezzo del pendolo, lo schiacciamento ai poli dello sferoide terrestre, la correzione di tutto il sistema delle latitudini e delle longitudini, tali furono gli immensi risultati di queste memorande intraprese. — Nelle due prossime lezioni, quando tratterò appunto dei principii fondamentali della Geografia matematica, io vi esporrò, o Signori, i metodi coi quali vi si è pervenuto.

Digitized by Google

III.

E questi risultamenti, massime in ciò che spetta alle longitudini, furono ancora più modernamente portati ad un grado maggiore di perfezione, dacchè fu dato alla navigazione ed all' astronomia di potersi servire, per la misura del tempo, di strumenti dotati di una maravigliosa esattezza. È chiaro, infatti, che, potendo portare l' ora del luogo il cui meridiano è considerato come circolo terrestre iniziale, in altri luoghi differenti; tenendo orologi convenientemente regolati sul tempo sidereo del punto di partenza; o paragonando quindi l' ora segnata da quegli strumenti, con le ore siderali di tutti i luoghi percorsi, si potranno agevolmente dedurre le longitudini dalle differenze osservate. Ed è appunto una delle più belle glorie della moderna meccanica l' esser riuscita a costrurre cronometri di stupenda precisione. Ben comprendendo l' importanza di questo problema, il parlamento inglese, fin dal 1765, largì un dono di 250,000 franchi ad Harrison (dapprima povero falegname di villaggio, poi abilissimo orologiaio), per aver prodotto un cronometro che permise agli ufficiali della marina britannica di determinare la longitudine della Giamaica. Nel 1800, gli artefici Arnold ed Earnshaw ricevettero 75,000 franchi ciascuno, a titolo d' incoraggiamento, per nuove migliorie introdotte nel prezioso strumento. Citerò ancora i nomi di Kendal, Mudge, Emery, Leroy, dei Berthoud, dei due Breguet, di Dent, di Parkinson, al cui sapere ed alla cui perseveranza è dovuta la perfezione alla quale la cronometria è oggidì pervenuta. In prova della quale mi limiterò a ricordare come nel 1843 siasi potuto ottenere la differenza delle longitudini dell' osservatorio russo di Pulkowa e di quello inglese di Greenwich, trasportando ben 68 cronometri, che procedettero tutti con mirabile accordo. La mente ricorre qui spontanea alla melanconica osservazione di Carlo V, il quale, nella solitudine del Convento di S. Giusto, non riuscì giammai a far

Digitized by Google

procedere sincroni alcuni orologi, egli che avea preteso di assicurare il sincronismo fra i popoli, che è la loro concordia! Ebbene! ciò che all' imperatore del secolo XVI ed al suo celebre meccanico Turiano era impossibile, la scienza e l' arte del secolo XIX hanno saputo ottenere. È bensì vero che resta ancora allo stato di puro desiderio la seconda parte del voto di Carlo V: si accordano sì gli orologi; ma i popoli non sognano che Sadowa e Solferino!

IV.

Mentre questi grandi progressi si compivano nella geografia matematica e tecnica, proseguivansi alacremente quelli della geografia fisica e descrittiva. Le più memorande scoperte posteriori a quella dell' America sono dovute ai viaggi ed alle perlustrazioni nell' Oceania. Gli Olandesi vi ebbero la parte principale dal 1606 al 1644, durante il quale periodo l' Australia fu circumnavigata da Dirk-Hartighs, da Abele Tasman, da Edels, Leuwin, Witt, Harnheim, Nuytz. Saavedra intanto avea trovato la Nuova-Guinea; Mendana, il gruppo di Salomon e quello delle isole Marchesi; Carterot, Surville, Bougainville e Shortland, la Nuova Georgia o le Arsacidi; Lemaire e Schoutten scoprivano o nomavano il Capo Horn, meno infesto che lo stretto Magellanico ai naviganti che dall' Atlantico procedono al Pacifico, o viceversa; Quiros toccava ad Otthaiti. Giacomo Cook, figlio di un bifolco e vero tipo di quella calma e perseverante energia che sembra tutta propria della razza anglo-sassone, compì la generale ispezione di quella nuova e quinta parte del mondo, oltrepassando tre volte il circolo polare antartico; disperdendo la illusione dell' esistenza di un vasto continente australe, destinato (dicevasi) a far contrappeso alle terre accumulate nell' emisfero boreale; visitando la costa orientale dell' Australia, cui nomò la Nuova-Galles meridionale; provando che la Nuova-Zelanda è composta di due distinte isole, grandi ciascuna più della nostra Italia; scoprendo la Nuova-Caledonia; esplorando le Nuove-

Ebridi, e determinando la posizione delle isole della Società, di quelle degli Amici, o finalmente delle Sandwich, ove perdette tragicamente la vita.

Tra i viaggi di esplorazione marittima dell' epoca moderna, nessuno forni occasione a tanti e si eroici atti d' intrepido valore, quanti ne presentano le spedizioni fatte in cerca di un libero varco tra l' Atlantico ed il Pacifico, attraverso ai ghiacci del polo artico. E se l' umanità non fosse un eterno bambino, pronto sempre a batter le mani alla cosidetta gloria militare, riserberebbe ai capitani Ross, Parry, Franklin, Bellot, Mac-Clure, quegli applausi onde è si larga solo verso i grandi spargitori del sangue umano.

Nel novero degli illustri navigatori del nostro secolo, accennerò ancora il capitano Smith, scopritore del Nuovo-Shetland, nel circolo polare antartico; il russo Bellinghausen, che in quei ghiacciati mari approdò all' isola Macquaria ed a quelle di Pietro e di Alessandro I; Weddel, che segnalò le Orcadi Australi; Giovanni Ross, che a più di 77° di latitudine sud trovò, tra i perpetui ghiacciai della terra Victoria e del Monte Erebo, un vulcano alto come il Monte Bianco, eruttante fiamme o fumo a prodigiosa elevazione; e poi ancora, tra i francesi, Laperouse, Marchand, D' Entrecatanx, d' Urville, Freycinet; tra gli inglesi, Biscoe, Vancouver e Beechey; fra i russi, Kotzebuo, Krusenstern e Boutacheff; tra gli americani, Morell e Wilkes, — e tra gli italiani, . . nessuno.

V.

Non meno dei marittimi, furono attivamente esplorati, ai di nostri, gli spazi continentali e terrestri. — In Asia, i viaggi di Chardin, di Pallas, di Muravieff, di Eichwald, di Gamba, di Jacquemont, di Burnes, di Burckardt, di Humboldt, di Huc, di Vanbery, degli Schlagintweit e del giovine mio concittadino M.se Giacomo Doria, risolvettero una folla d' interessanti problemi. La grande catena montana dell' Imalaia, che divide l' India dall' altipiano centrale dell' Asia.

fu trovata adergersi ad un'altitudine non prima sospettata. Le sorgenti del Gange, dell' Indo, del Bramaputra si trovarono in luoghi al tutto differenti da quelli ch' eransi loro in prima assegnati. Bocara, Kiva, Samarcanda, i grandi deserti salati, le steppe della Zungaria e della Mongolia, non ebbero più segreti per la scienza moderna; come i cannoni della moderna artiglieria infransero le porte secolari, che ci tenevan nascosti quelli della Cina e del Giappone.

L' Africa, al pari dell' Asia, divenne il teatro di eroiche, perseveranti spedizioni, la maggior parte ideate e sussidiate dalla benemerita Associazione Geografica di Londra. Mungo-Park e Clapperton vi perdettero la vita, ma riconobbero il corso del Niger; come Burton e Speke determinarono finalmente le tanto controverse sorgenti del Nilo. Il povero Livingstone, dopo aver traversato il continente africano da S. Giovanni di Loanda alla costa di Mozambico, fu, non ha guari, assassinato presso al bacino del gran lago di Victoria Nyansa. Nè fra gli esploratori africani devono qui dimenticarsi i nomi di Laing, Belzoni, Norton, Schaw, Hoest, Sparman, Denan, Caillaud, Ruppel, Lander, Caillè, Vogel, Barth, Du-Chaillou, le cui fatiche rimarranno scolpite nel ricordo dell' umanità finchè duri in lei l' amore di tutto ciò che è vero, e la venerazione per tutto ciò che è grande.

Le vergini contrade nel Nuovo Mondo e del nuovissimo altresì furono anch' esse percorse ed illustrate in ogni senso. Humboldt, Bonplad e Boussingault determinarono le altezze di quelle enormi masse di granito, quasi tutte vulcani ignivomi od estinti, che formano la Cordigliera delle Ande, ed ai cui piedi si stendono le sterminate pianure dei *Pampas*, dei *Llanos* e delle *Silvas*, alimentando il corso dei più grandi fiumi della terra, come il Plata, lungo 2500 chilometri e largo alla foce 120 miglia geografiche, o come il Rio delle Amazzoni, il cui bacino eccede 1,500,000 miglia geografiche quadrate. Nell' Australia i viaggi di Stuart, di Mitchell, di Strezlechi, di Greg, di Burke, di Wills rivelarono un continente in cui tutto è diverso dagli antichi, persino le forme ed i caratteri della natura vivente.

Digitized by Google

VI.

Nell' atto che si arricchiva di tanti nuovi materiali, la scienza geografica perfezionava o completava ogni giorno più i suoi metodi, cessando di essere quell' arida e sterile e sconnessa nomenclatura a cui un tempo si riduceva, per divenire una delle parti più razionali e più belle della positiva e naturale filosofia. Alessandro Humboldt creava di pianta la moderna geografia fisica, assegnava le leggi delle linee isotermiche, isoteriche ed isochimeniche; il di lui fratello Guglielmo iniziava i più brillanti progressi della etnografia. Giovanni Herschell o madama Somerville trovavano il segreto di colorire con le forme più attraenti e pittoriche di una maschia eloquenza le più alte ed astruse dottrine della scienza della terra; ed al tempo stesso l' americano Maury faceva della geografia fisica del mare una scienza interamente nuova. La geologia, per opera dei Cuvier, dei Beaumont, dei Lyell apportava un immenso tributo di notizie e di cognizioni alla geografia, in quella parte specialmente che studia la direzione delle catene montane, i lenti e graduali cambiamenti di livello del suolo, la varia classificazione delle rocce e dei terreni. La distribuzione delle specie animali e delle razze umane cessava di essere abbandonata all' arbitrio, per assumere le severe forme della scienza, dopo gli immortali lavori di Blumembach, di Camper, di Agassiz, di Vogt, di Darwin; e quelli di Bunsen, di Farrar, di Marsh, di Max Müller derivavano dalla linguistica e dalla etnologia i più preziosi elementi per la geografia politica e civile.

Digitized by Google

VII.

La Meteorologia è forse di tutte le parti della scienza della terra, quella che possa ad un tempo e con egual ragione chiamarsi la più antica e la più moderna. La più antica, perchè il desiderio di conoscere le cause dei grandi fenomeni che si svolgono nell' atmosfera che lo circonda, è congenito coll' uomo medesimo. Curioso a dirsi, ma vero: si è in un poeta dell' antichità, che l' ignoranza e la bigotteria hanno proscritto dalle scuole, e contro il quale si è da secoli organizzata una specie di codarda congiura del silenzio, si è nel poema di Lucrezio *De Rerum Natura*, che noi possiamo leggere, di stupendi versi vestita, la sintesi delle idee che l' antica filosofia si formava intorno alla nebbia, alle nuvole, alla pioggia, alla grandine, alla folgore, al tuono, insomma alle principali meteore. Ma la superstizione ed i pregiudizi preferivano interrogare il volo e le interiora degli uccelli, anzicchè le osservazioni dei fenomeni dell' atmosfera, per conoscerne le alterne vicende.

La meteorologia non cominciò ad appariro nel novero delle scienze, se non so in quella grand' epoca dell' universale risorgimento, in cui Bacone e Galileo iniziarono la sublime rivolta della ragione contro la tirannia dei peripatetici e della sacristia. Il termometro, il barometro, l' igrometro, ecc., i tre strumenti la cui invenzione segna i primi passi delle osservazioni meteorologiche.

Ma queste osservazioni erano a principio abbandonato interamente alla individuale iniziativa; e non potevano divenire la base di una scienza a sè, se non a patto di esser fatte sopra basi comparative in un gran numero di punti del globo. La prima idea dell' organizzazione di un sapiente sistema di osservazioni a questo scopo ordinate, fu concepita da quel medesimo Lavoisier, che è ad un tempo il creatore della moderna chimica e che perì vittima della mannaia rivoluzionaria.

Gli ultimi anni del XVIII e i primi del XIX secolo, travolti

dallo sconsigliato spirito di guerra e di conquista, furono poco propizi agli studi meteorologici. Essi continuaronsi però, segnatamente in Germania, mercè dei sapienti e combinati sforzi di Humboldt, del professore Dove di Berlino e di Kaemtz di Dorpat.

Ma colui che diede a questi nobili studi un nuovo e vigoroso impulso e li mise su quella via di continue scoperte, che oggi ancora prosieguono a battere, è Maury, cittadino di quella Repubblica Americana, che ora lo lascia andare esule e ramingo, solo perchè in politica le idee dello scienziato non sono quelle della maggioranza. Tanto è vero che l' uomo del nuovo mondo si assomiglia nelle passioni e nei vizi a quello dell' antico, e che le forme democratiche non bastano a guarentire la vera libertà del cittadino. Nel 1831, passando il Capo Horn sul vascello *Falmouth*, col grado di semplice aspirante di marina, egli fu colpito dai singolari fenomoni barometrici di quei paraggi, e ne feco l' oggetto di una interessante memoria, pubblicata nel XXVI volume dell'*American Journal of Arts and Sciences*. Da quell' epoca, la sua perseverante elaborazione più non si ferma, e riesce finalmente a creare una scienza nuova, che è la moderna geografia fisica e meteorologia del mare.

Esporrò a suo tempo i grandi principii ed i fecondi teoremi di questa scienza. Mi basti per ora ed a completare questa sintesi storica, il ricordare ancora come si fosse sulla iniziativa dello stesso Maury, che nel 1853 si riunì a Brusselle il grande Congresso Meteorologico Internazionale, in cui vennero finalmente fissate le basi uniformi delle osservazioni dei fenomeni atmosferici e marittimi. Il Contrammiraglio Fitz-Roy in Inghilterra; in Olanda il Signor Buys-Ballot, e i luogotenenti Jansen, Van Gough, Andrau; in Portogallo, il Sig. Brito-Capello; in Francia il Vice-Ammiraglio De-Chabannes e l' astronomo Leverrier; in Italia il Padre Secchi, i Professori Schiaparelli, Matteucci, Densa ed altri, dei quali verrò, nel corso delle mie lezioni, esponendo i lavori, hanno tutti contribuito a raccogliere quella vasta suppellettile di fatti e di osservazioni, su cui la nuova scienza si fonda.

Con le quali cose io pongo termine, o Signori, a questa storica introduzione, che ho creduto opportuno di premettere al mio Corso di Fisica del Globo e di Geografia e Meteorologia, sicuro che Voi tutti lo comincerete nella prossima lezione con quello stesso convincimento che io ho profondo nell'animo e col quale io lo condurrò in tutta la sua durata, che, cioè, ben nobile ed alto deve essere l'oggetto di una scienza, ai progressi della quale hanno lavorato tanti sublimi spiriti e tanti cuori generosi, onde si onora la schiatta umana.

Digitized by Google

LEZIONE V.

Figura e Dimensioni della Terra

SOMMARIO.

Sistema dei mondi. — L' infinito nello Spazio e nel Tempo. — Il sistema Solare. — La Terra. — Si determina, per via di eliminazione, l' oggetto della presente o della successiva lezione. — Quattro periodi nella Storia dei Sistemi sulla figura della Terra. — Prove della rotondità della Terra. — La prima misura di essa tentata da Eratostene, ripetuta da Posidonio e quindi dagli Astronomi Arabi. — Misurazione di Fernel. — Perfezionamenti introdotti da Snellio. — Scoperte di Huygens e di Newton. — Osservazioni di Richer sul pendolo. — Cambiamenti che ne risultano nelle idee sulla forma del pianeta terrestre. — Misure di Picard. — Errore di D' Anville e dei Cassini. — La sferoidità della terra, dimostrata. — Obbiezioni di Paolo Frisi. — L' attrazione delle montagne, e la deviazione del filo a piombo. — Risposte di Buffon alle obbiezioni. — Benefica influenza della Rivoluzione Francese.

I.

Signori,

Fra gli egregi Colleghi, insieme ai quali ho l' onore di svolgere dinanzi a Voi i programmi di questo Corso Normale, uno ve ne ha, il Professore di Astronomia e di Navigazione, la cui dotta ed abile parola è chiamata ad esporre un certo numero di teorie, intimamente collegate con quelle, allo studio delle quali il mio insegnamento è consacrato. Voi avete già compreso, o Signori, che io alludo alle teorie della Geografia astronomica e matematica,

teorie le quali appunto, per non fare doppio impiego e per non togliere a quelle della Geografia fisica e della Meteorologia un tempo già troppo breve al paragone di tanto cómpito, io lascierò in gran parte al mio valente Collaboratore, col quale ho preso a tale uopo i dovuti concerti.

A lui dunque spetterà descrivervi e spiegarvi il sublime sistema dei mondi, il generale aspetto della vôlta celeste, le differenti specie di corpi radianti che la popolano, adunati in coacervamenti di miriadi di milioni di stelle, infinitamente svariate di grandezza, di luce, di colori, di cui le une sono centri attorno ai quali gravitano astri minori, mentre le altre formano sistemi binari di corpi, circolanti l'uno attorno all'altro in orbite regolari.

Da lui udrete quindi descrivere i metodi sapienti, coi quali lo spirito umano è pervenuto non solamente a calcolare le distanze, a misurare i volumi, a pesare le masse, ma eziandio a determinare la natura di molti fra gli elementi fisici e chimici onde si compongono i mondi rotanti nei più profondi abissi del cielo, dei quali il più vicino a noi (α del Centauro) è pur nondimeno a tale distanza ancora, che la sua luce, pur correndo in ragione di 192 mila miglia al minuto secondo, impiega 3 anni ed $^1/_3$ per arrivare fino alla nostra pupilla.

In fondo ad uno di quegli immensi adunamenti di stelle, al quale un antico mito, ch'io trovo, a vero dire, assai poco poetico, ha lasciato il nome di *Via lattea*, perchè formata (dicevasi) d'alcune gocce del latte caduto dal seno di Giunone mentre Ercole poppava, ed in cui il telescopio di William Herschel (dandoci dell'Universo una idea ben più grande di quella lasciataci dalla puerile immaginazione primitiva) ha isolato più di 18 milioni di Soli; e precisamente non lungi da uno degli estremi lembi del disco o della doppia lenticchia formata da quella nebulosa, vi sarà mostrato un astro (che non è certamente dei più grandi nè dei più luminosi) avente però un volume 1,407,124 volte più grande di quello della terra; un astro intorno al quale circolano otto maggiori pianeti di varia grandezza (ed uno fra essi ben 1414 volte più vasto del nostro

globo), molti pianeti minori, la cui serie si accresce ogni giorno, a misura che si moltiplicano le osservazioni, e dei quali attualmente se ne contano ben 92; e poi un numero incalcolabile di comete, le quali Keplero diceva seminate nei cieli con profusione maggiore di quella delle arene del mare; ed infine una sterminata quantità di corpuscoli erranti, la cui continua caduta sulla centrale massa incandescente del Sole ne mantiene forse (giusta una delle più recenti e meglio fondate teorie) il sempiterno calore.

E qui, o Signori, vi saranno indicate le leggi, leggi di ordine mirabile e di eterna armonia, che governano tutti quei corpi, formanti il nostro sistema solare; sistema il cui complesso (non escluso il gran corpo centrale, nonostante la sua impropria denominazione di *stella fissa*) viaggia, con una rapidità di 422 mila miglia al giorno, nella direzione della stella γ della magnifica costellazione di Ercole.

Assegnato così il piccolo ed umile posto che nella costituzione dell'universo occupa questa nostra terrestre dimora, cui gli Antichi così ingenuamente reputavano il centro sovrano dei mondi, vi farete tosto persuasi della necessità di studiare con somma diligenza le leggi alle quali essa, come corpo celeste, obbedisce; poich' ella è (giusta la bella espressione di Alessandro Humboldt) l'osservatorio dal quale ci è dato scrutinare i cieli; e tutto cadrebbe l'edificio delle cognizioni nostre, se prima non sapessimo esattamente dove siamo ed in mezzo a quali condizioni cosmiche viviamo. Indi si schiereranno davanti a voi i complicati movimenti che sollecitano ed animano il nostro pianeta: la sua traslazione nello spazio attorno al Sole, la rotazione sua sul proprio asse, l'obliquità dell'ecclittica, la teoria delle stagioni, quella della precessione degli equinozi, e le molteplici conseguenze di questo grande fenomeno, per cui l'astro che oggidì nomiamo polare, era, molti secoli addietro, assai lontano dal polo, e fra alcune migliaia di anni se ne troverà lungi di nuovo; e le fasi lunari e gli ecclissi ed i singolari bilanciamenti delle nutazioni, e la dottrina delle maree, e i principii rigorosi ed esatti, sui quali è fondata la misura del tempo e la formazione del Calendario.

Io non ho mai potuto, o Signori, volgere la mente al complesso di queste nobili contemplazioni, senza vedere in esso il più bel titolo di gloria che vantar possa lo spirito umano. — Davanti alle maraviglie infinite che la scienza astronomica gli ha rivelate, l'uomo si umilia e rinunzia al superbo titolo, assunto nei giorni di una infantile baldanza, di re del creato. Ma a compenso della perduta sovranità, egli acquista una assai più grande e ben più degna idea della sua potenza intellettuale, di quella potenza che gli ha fatto comprendere quelle leggi, le quali pareano dover per sempre rimanere un impenetrabile mistero per lui.

II.

Io dovrò adunque (lo ripeto, o Signori) supporre già acquisito da Voi la maggior parte di queste cognizioni, o, ciò che è lo stesso, lasciare ad altri, di me più assai competente, la cura di svolgerle al vostro cospetto. — Io mi limiterò soltanto alla disamina di due punti, spettanti anch'essi bensì alla Geografia Matematica ed Astronomica, ma troppo importanti a considerarsi dalla Geografia Fisica, perchè sia dato, in un Corso come questo, di passarli affatto sotto silenzio: il primo dei quali riguarda *la forma e le dimensioni della Terra*, — il secondo *le leggi dei suoi movimenti*.

La prima domanda, dalla quale io piglierò le mosse, sarà adunque la seguente: *Qual' è la forma geometrica, quali sono le vere dimensioni del terrestre pianeta?*

Un lungo e laborioso periodo di ventun secoli è trascorso, dacchè la scienza si è fatta per la prima volta questa domanda. — La storia dei sistemi ideati per darle conveniente e adeguata risposta, può dividersi in quattro successive epoche, le une dalle altre ricisamente distinte, dal concetto fondamentale che in ciascuna di esso ha dominato. — Nella prima epoca prevalgono le erronee idee degli Antichi, sulla *terra pianeggiante a forma di*

disco; — la seconda abbraccia tutti i sistemi fondati sull' ipotesi della *perfetta sfericità del globo;* — nella terza si schierano le teorie basate bensì sul principio della *sferoidità del pianeta,* ma non appoggiate ancora a sufficiente corredo di prove e di esatte misure, epperò combattute da gravi obbiezioni ed infirmate da dubbii di varia natura; — la quarta, finalmente, comprende gli immortali lavori, coi quali la moderna filosofia matematica e naturale ha condotto al presente suo grado di positiva perfezione questo ramo fondamentale della scienza della Terra. — Dico di *positiva perfezione*, poichè i principii, dai quali la soluzione dell' arduo quesito dipende, non sono oggimai più suscettibili di seria disputazione; tuttochè però il problema sia di natura sua così grave e così malagevole, che, sebbene noi possiamo oggi darne una soluzione infinitamente approssimata al vero, ogni difficoltà non può dirsi però interamente eliminata ancora. E se da Eratostene in poi, dall' illustre bibliotecario di Alessandria che, trecent' anni prima di G. C., concepì l' audace idea di misurare la grandezza del globo terrestre, tutti i più insigni astronomi e geometri vi hanno apportato cure infinite, non è men vero pur tuttavia, che nell' anno di grazia 1866, ora appena decorso, cinque Stati dell' Europa civile, l'Inghilterra, la Francia, il Belgio, la Prussia e la Russia, reputarono, sulla proposta dell' insigne astronomo Struve, necessario ancora di riunire i simultanei loro sforzi, per intraprendere, con tutti i potenti soccorsi della scienza moderna, una nuova misura di un arco di meridiano terrestre.

Benchè Anassimandro avesse paragonato la terra ad una colonna cilindrica, ed Anassagora ad una lenticchia; — benchè le vetuste teogonie dell' India la facessero riposare sul dorso di quattro giganteschi elefanti; — quantunque i Greci la tenessero piana e ponessero nel suo centro la città di Delfo; — comechè i Romani sancissero quella stessa opinione, raccontando in prova la favola delle due aquile, da Giove spedite in due opposti punti dell' orbe, che ivi s' incontrarono; — il concetto, pur tuttavolta, della rotondità della Terra non rimase affatto ignoto a tutte le menti della dotta antichità.

La celebre scuola di Alessandria, sotto il governo dei Tolomei, lo aveva professato; ed Ipparco (uno dei meglio temprati intelletti, che ci presenti la storia dello spirito umano) fondava appunto su tale concetto tutto il suo sistema astronomico e geografico.

Qnesto principio fu bensì disconosciuto dal volgo, ma non incontrò giammai nè incontrar poteva serie obbiezioni, siccome quello che riposa su prove troppo numerose e sensibili. — Ricordiamone brevemente le principali.

Allorchè dalla sponda del mare noi scorgiamo una nave allontanarsi, le diverse parti, ond' ella si compone, scompariscono successivamente, le inferiori dapprima, poi man mano le superiori. — Identiche sono le apparenze per gli spettatori posti sul naviglio: ossi perdono di veduta dapprima la riva, poi gli oggetti in essa più alti, poi via via le montagne, — precisamente come deve accadere se la terra ha una forma convessa, e come accadere assolutamente non potrebbe se avesse una superficie piana.

Quando ascendiamo una montagna, alle cui falde stendesi una vasta pianura, questa si spiega a poco a poco agli occhi dello spettatore; l' orizzonte, limitato da un circolo o da archi di circolo più o meno vasti, si estende, si alza o si abbassa dalla verticale. Così uno spettatore, giunto sulla vetta del Picco di Teneriffa, vede il contorno del cielo a 92 gradi dal suo zenit, vale a dire due gradi al di sotto dell' orizzonte del mare. Per lui il Sole spunta 12 minuti più presto, e tramonta 12 minuti più tardi, che per l' abitanto della soggiacente pianura. Lo stesso accade all' aereonauta: a misura che egli si solleva nell' aere, vede il contorno della Terra arrotondarsi, e nuovi oggetti apparire a' suoi occhi a più grandi distanze, e i limiti, sempre più estesi, della sua visione essere segnati sempre da una circonferenza di circolo.

Un viaggiatore che cammini dal mezzodì verso la tramontana, vede la stella polare innalzarsi gradatamente al di sopra dell' orizzonte; e se, al contrario, egli procede dalla tramontana verso il mezzodì, quella stella medesima va più e più abbassandosi, o

tocca finalmente l'orizzonte, quando il viaggiatoro sia giunto alle regioni equatoriali.

Tutti questi fenomeni dimostrano ad occhio veggente che la terra non è piana; il che risulta pure evidente dalla osservazione dell'ombra circolare ch'essa proietta sulla superficie della luna, nell'istanto di un ecclissi.

Ma a cotale sistema gli Antichi preferirono quello (più conforme alle prime e rozze apparenze dei sensi) insegnato e cantato dai loro poeti, e dai più grandi fra essi, Omero ed Esiodo, secondo i quali la terra è un pianeggiante disco, tutt'intorno circondato dal padre dei fiumi, Oceano. Sui confini del terrestre disco, erano a mezzogiorno gli Etiopi e l'egizia Tebe, dalle cento porte; — a levante la città di Colco, col palazzo del Sole; — a settentrione, i monti Rifei; — a ponente, le colonne d'Ercole, al di là delle quali il Mar Tenebroso e gli Orti ameni e ridenti delle Esperidi e le isole Fortunate col perpetuo loro giardino, e le altre incantevoli o paurose creazioni della poetica fantasia. — Osservino qui di passaggio (li prego) o Signori, come le più meravigliose, le più belle e le più attraenti fra queste supposizie contrade vengano dalla mitologia collocate dalla parte dove il Sole tramonta. — Dobbiamo noi per avventura vedere in ciò una specie di arcano presentimento dell'esistenza di un altro continente, perduto là nei lontani paraggi occidendali, dove tanto più tardi dovova infatti scoprirlo il genio immortale dell'uom della Liguria, che (come disse il moderno Virgilio) ruppe d'Abila i segni?...

Checchè di ciò sia, l'errore di una terra piana prevalse nel volgo, fino ai tempi di Colombo; e Voi ben ricordate che il sommo infelice sentì rinfacciarselo dalla superba e crudele ignoranza de' suoi giudici, congregati a Salamanca. E nonostante le prove evidenti che una osservazione anche superficiale fornisce della rotondità della terra, chi sa quanto tempo avrebbe questo principio durato ancora, prima di penetrare nelle menti volgari, se, a convincere i più increduli ed a rendere per sempre impossibile anco ogni

ombra di scetticismo, non fosse finalmente venuto il viaggio dei compagni di Magellano, i quali (come narrai in una mia antecedente lezione), dopo avere abbandonato l'Atlantico, navigando a ponente dell'America per lo stretto che divide il continente dall'isola del Fuoco, vi ritornarono da levante, passando il Capo di Buona Speranza.

III.

Ma qual'è la vera grandezza di questo globo? — È egli possibile il farne la misura? — Le sue dimensioni sono troppo vaste, e troppo ineguale è la sua superficie, per tentare questa misura con metodi diretti, cioè con la materiale applicazione delle piccole unità lineari, di cui noi possiamo disporre. Senonchè, là dove queste non giungono, i rigorosi calcoli, le razionali induzioni della scienza pervengono. I più elementari principii della geometria ci danno modo ad estimare un'altezza inaccessibile o la invalicabile larghezza di un fiume. Del pari, se la terra è una sfera, sapendo dalla rudimentale geometria qual è il rapporto dalla circonferenza al diametro, che stanno fra loro circa come 355 a 113, e sapendo inoltre che la superficie di una sfera è uguale alla sua circonferenza moltiplicata pel suo asse, basterà quindi potersi procurare la lunghezza della circonferenza di un gran circolo della terra (per es. di un meridiano) espressa in stadi, in leghe, in miglia od in qualunque altra unità itineraria, per poter poi assegnare in unità della medesima specie la grandezza del diametro, e quindi, per conseguenza, quella dell'intera superficie della sfera. Dall'altro canto, però noi sappiamo che, per conoscere la lunghezza totale della circonferenza, non fa punto mestieri misurarla tutta direttamente e materialmente; ma basta misurarne una delle parti aliquote, per esempio un grado, ossia la 360ma parte del circolo, operazione assai meno difficile.

Si è appunto a questi elementari principii che fece appello, or sono più di duemila anni, Eratosteno di Alessandria, dando opera a scoprire la grandezza della mole del globo terrestre, mercè della misura effettiva sul terreno di una determinata porzione di uno de' suoi grandi circoli; e da Eratostene veramente può dirsi che cominci il secondo stadio dei sistemi sulla forma della terra immaginati.

Quel filosofo aveva osservato che il giorno del solstizio di estate, a mezzodì, il Sole illuminava co' suoi raggi l'imo fondo di un pozzo nella città di Siene, in Egitto. Nell'istante medesimo, secondo le osservazioni di quell'astronomo, il Sole era in Alessandria a 7° 12′ dallo zenit; ora 7° 12′ sono una cinquantesima parte circa della circonferenza di un gran circolo, ed egli supponeva che Siene fosse precisamente al Sud della capitale dell'Egitto, e che perciò entrambe quelle città giacessero sotto uno stesso meridiano. Esprimiamo (*Fig.* 1.) con C il centro della terra, con A la città di Alessandria, con Z il suo zenit nei cieli, con B la città di Siene, o con S il Sole al momento in cui illumina il fondo del pozzo e, per conseguenza, all'istante in cui trovasi allo zenit di questa seconda città. La misura angolare dell'arco celeste ZS, o (ciò che è lo stesso) del corrispondente arco terrestre AB, è l'angolo ZCS al centro della terra. Eratostene osservò invece l'angolo ZAS il quale, per i principii della geometria, è maggiore del primo (ZCS), dell'angolo ASC. Però questa differenza è sì piccola, che può trascurarsi nel caso presente; talchè, disse Eratostene, se quando il Sole è allo zenit di Siene, trovasi invece a 7° 12′ dallo zenit di Alessandria, ne siegue che l'angolo ACB sarà prossimo anch'esso a 7° 12′, cioè ad una cinquantesima parte di 360°; e, per conseguenza, l'arco

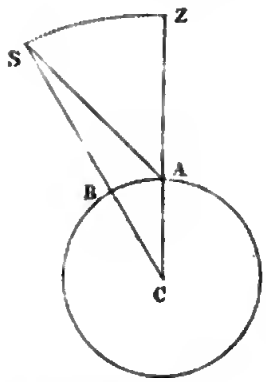


Fig. 1 — Misura della Terra fatta da Eratostene.

AB del meridiano terrestre sarà appunto una cinquantesima parte della circonferenza della terra. Il geometra Alessandrino misurò quindi sul terreno l' effettiva distanza tra Alessandria e Siene, e la trovò essere di 5000 stadi. Da ciò immediatamente concluse che il perimetro della terra intera era 5000 × 50 = 250,000 stadi. E siccome questo risultamento gli dava pel valore di un grado un numero frazionario, espresse egli, per maggiore semplicità, l' intera circonferenza con una cifra alquanto maggiore di quella che aveva ottenuta, cioè colla cifra di 252,000 stadi, cifra che, divisa per 360, gli dava il numero rotondo di 700 stadi per la lunghezza di un grado.

I principii ed i metodi geometrici così adoperati da Eratostene erano razionalmente inappuntabili; ed invero il ragionamento dal quale egli partiva, è sostanzialmente lo stesso che la scienza adopera ancora oggidì; ma sommamente inaccurati ed inesatti erano i dati di fatto, sui quali quell' astronomo avea condotto i suoi calcoli; perocchè Siene, invece di essere esattamente a Sud di Alessandria, giace notevolmente a S. E.; e quindi non sono queste due città sotto lo stesso meridiano; talchè crollava la base prima della operazione, — ed inoltre la misura itineraria della distanza tra le due città era fallace, cioè minore del vero.

La via tenuta da Eratostene per la misura della terra fu, due secoli circa dopo di lui, seguita da Posidonio. Questo astronomo aveva osservato che a Rodi la stella Canopo era precisamente visibile sull' orizzonte, ma non si alzava giammai sopra di questo, mentre in Alessandria raggiungeva un'altitudine di 7 gradi e mezzo, ossia $^1/_{48}$ parte circa della circonferenza di un gran circolo. La diretta distanza fra queste due località (supposte sullo stesso meridiano) era stata trovata 5000 stadi; dunque la circonferenza intera doveva (secondo Posidonio) essere di 5000 × 47 = 240,000 stadi, — risultato che differiva poco (come vedesi) da quello di Eratostene.

Nell' anno 833 circa dell' Era cristiana, il califfo Almamun (contemporaneo di quel Carlomagno, che non sapeva scrivere il

proprio nome) incaricò, come già accennai in altra lezione, i suoi astronomi di misurare un grado di meridiano nelle pianure della Mesopotamia. Il metodo adoperato in quella circostanza dai geometri Arabi era suscettibile di una più rigorosa esattezza di quello usato dai Greci. Eglino, infatti, si divisero in due squadre: dopo aver osservato l'altezza della stella polare, una di quelle sezioni andò direttamente al Nord, e l'altra al Sud, ciascuna misurando, man mano che procedevano, e prendendo di tempo in tempo l'altezza della polare, fino a che ciascuna delle due schiere avesse cambiato la sua latitudine di un grado. Fu così determinata la misura di due gradi; poi misurarono sul terreno la distanza percorsa; presero fra le due misure la media; e quindi, moltiplicando per 360, ebbero la grandezza della intera circonferenza. — Non sappiamo però quale fosse precisamente la quantità così da loro ottenuta.

Il semplice ed elementare metodo Greco-Arabo fu nei tempi moderni rimesso in onore, con piccolissima variante dal medico fiammingo Fernel, il quale viaggiò da Parigi verso Amiens, due città poste pressochè sotto lo stesso meridiano, fino a che ebbe varcato un grado di latitudine. Con un congegno meccanico annesso alle ruote della sua vettura, egli si accertò del numero di rivoluzioni ch'esse avevano compiute nel percorrere quella distanza; e conoscendo il valore di ciascuna rivoluzione delle ruote, trovò la lunghezza di un grado 57,070 tese francesi, epperciò quella di tutta la circonferenza terrestre $57{,}070 \times 360 = 51{,}363{,}000$ tese francesi.

Lo stesso grado venne poi misurato da La Caille, che trovò 57,074 tese, notevole o quasi esatta coincidenza col valore assegnato prima da Fernel.

Digitized by Google

IV

Fin qui non si era avuto ricorso, per risolvere l'importante ed arduo problema, che ai principii più elementari della geometria. — L'astronomo olandese Snellio è il primo che abbia tentato di applicarvi i metodi più rigorosi ed esatti della Trigonometria. Nell'anno 1617 egli pubblicò il suo *Eratosthenes Batavus*, in cui rende minuto conto di tutto il procedimento seguito da lui. I punti estremi del suo arco meridiano sono terminati nei paralleli di Alcmar, nella latitudine N. di 52° 40′ 30″, e di Berg-op-Zoom, altra città dell'Olanda, nella latitudine N. 51° 29′, l'arco intercetto fra di essi essendo quindi 1° 11′ 30″. Egli formò una serie di triangoli fra queste due città lungo la superficie terrestre, e determinò (per quanto l'imperfezione degli strumenti nell'epoca sua adoperati gliel consentiva) i loro angoli; e partendo da una linea di base, direttamente misurata sul terreno, trovò i loro lati. La lunghezza ch'egli assegnò ad un grado del meridiano era 28,500 pertiche, equivalenti a 55,100 tese. Cassini seniore introdusse poi nei calcoli di Snellio varie correzioni, a seguito delle quali portò la lunghezza del grado a 56,675 tese; e Muschembroeck, rinnovando le operazioni, la innalzò fino a 57,033 tese.

Per la parte puramente matematica, il metodo di Snellio era eccellente; ma imperfetta assai e sopramodo difettosa era la sua suppellettile strumentale; nella quale il francese Picard introdusse un immenso miglioramento, mercè dell'applicazione del telescopio e del micrometro agli strumenti adoperati nella misura degli angoli. Del resto, il suo sistema generale di condurre il procedimento era lo stesso di quello di Snellio; e consisteva nel connettere gli estremi paralleli con un reticolato trigonometrico, con una serie di triangoli, i lati dei quali erano determinati da una base di 5663 tese, misurata due volte con grandissima cura ad una estremità della serie. Vi era altresì una base di verificazione di 3902 tese, mi-

surata all' altra estremità. Gli angoli orizzontali erano misurati con un quadrante di trent' otto pollici di raggio; e l' arco celeste, che era di circa 1° 13′, con un settore di dieci piedi di raggio. Picard concluse dalle sue osservazioni o dai suoi calcoli, la lunghezza d' un grado essere 57,060 tese.

Era questa la prima misura, nella quale fosse dato riporre ragionevole fiducia; tanto più che, a raffermarne i generali risultamenti, vennero poi quelle intrapreso nel 1718 da Lahire e dal giovine Cassini, fra Dunkerke e Perpignan.

E qui ha fine il 2.° periodo della Storia dei sistemi ideati per misurare il globo terraqueo, periodo caratterizzato dalla ipotesi della assoluta sfericità della terra.

V.

Ma se gli accennati lavori dei geometri e degli astronomi, specialmente francesi, avevano determinato la forma e la grandezza della terra con un grado di precisione sufficiente per gli ordinari intenti della geografia, egli è da ricordare frattanto che lo spirito d' indagazione scientifica procedeva con rapidi passi; ed una nuova questione sorgeva ad occupare le menti. — È ella veramente la terra esattamente una sfera, come erasi fino allora supposto? — E se non è perfettamente sferica, qual' è la sua vera figura? — E in questo caso, le misure ottenute fin qui nell' ipotesi della forma precisamente sferica, non dovranno esse andare soggette a correzione e fors' anco rifarsi interamente da capo?

Tutti questi dubbi nascevano spontanei ed irresistibili dalle nuove scoperte, delle quali i genii immortali di Huygens e di Newton avevano arricchito la scienza. — Huygens, illustre geometra Olandese, considerando che i corpi rivolventisi intorno ad un centro o ad un asse, acquistano una *forza centrifuga*, che tende continuamente ad allontanarli da questo centro o da quest' asse medesimo, come apparisce dalla pietra lanciata con la fionda,

ne aveva concluso che il fluido che compone circa i tre quarti della superficie terrestre, dovendo obbedire a questa forza e insieme a quella di gravità, non poteva assumere una forma perfettamente sferica. La terra doveva dunque essere schiacciata verso i poli, per guisa che l'asse di rotazione fosse più breve che i diametri dell'equatore; e la quantità che rappresenta questa maggior lunghezza del diametro equatoriale sull'asse di rotazione, era da Huygens teoricamente calcolata di $^1/_{578}$, che dava circa una differenza fra le due linee di 4 leghe marine. Questa rigorosa conseguenza che Huygens deduceva da speculazioni matematiche *a priori*, può essere ed è infatti tutti i giorni renduta sensibile agli occhi, nei gabinetti di fisica e di meccanica sperimentale, facendo rapidamente girare intorno ad un asse una vescica umida, che prende allora la forma di uno sferoide schiacciato presso le estremità contigue all'asse medesimo; oppure facendo girare nel modo istesso due sbarre o lamine metalliche flessibili, ed incrociate nel modo che vedono lor Signori in questo semplice modello, al quale io imprimo un rapido moto rotatorio, che gli fa nell'indicato modo cambiare figura (*Fig.* 2.).

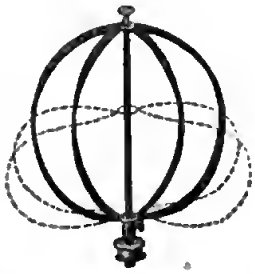


Fig. 2. — Forza centrifuga.

Il sommo Isacco Newton, le cui profonde meditazioni sulle leggi trovate da Keplero nel movimento dei pianeti lo avevano condotto alla sublime scoperta della gravitazione universale, era giunto per diversa via alle stesse conclusioni di Huygens: avere cioè la terra la forma di un solido generato dalla rivoluzione di un elissi sul suo più piccolo asse, le estremità del quale sono i due poli. La quantità di schiacciamento polare assegnata da Newton differiva però ed era notevolmente maggiore di quella trovata da Huygens, essendo (giusta il filosofo inglese) non di $^1/_{578}$, ma sivvero di $^1/_{230}$, ossia di 10 leghe marine.

Queste conclusioni, differenti tra loro bensì rispetto alla quantità numerica del risultato, ma concordi quanto al fondamentale

principio dell' alterazione che la figura della terra ha dovuto subire dall' azione della forza centrifuga, furono sviluppate poi da calcoli sottili e profondi di Clairaut, Maclaurin, D' Alembert, Laplace, Sabine, Plana, Carlini ed altri.

Esse erano confermate altresì dalla contemporanea scoperta della sferoidità del pianeta Giove, fatta dal celebre Cassini; il quale trovò che l' asse di quel mirabile astro, 1414 volte più grande della terra, è di $^1/_{14}$ più breve del diametro del suo equatore. Dalla qual cosa si argomentò che quel pianeta, avendo una rapidità di rotazione di gran lunga maggiore di quella della terra, poich' esso fa un giro completo sul proprio asse nel corso di 9 ore 55′ 50″ (chè tale è appunto la durata del giorno gioviale), dovette quindi subire in una maggiore misura l' accennata alterazione, determinata dalla forza centrifuga.

Queste speculazioni inoltre (lo dirò qui di passaggio) servirono poscia di base ad un celeberrimo sistema cosmologico o geologico, che io esporrò nella mia 7.ª lezione, ed il quale riposa appunto sull' ipotesi della fluidità primitiva e genetica del globo terrestre, il quale, rotando negli spazi, assunse perciò forma sferoidale.

Se le dottrine di Huygens e di Newton erano vere, e se la terra doveva considerarsi non più come una sfera, ma sivvero come uno sferoide, ne discendeva l' importante conseguenza pratica che, per misurarne la superficie, non bastava punto prendere indifferentemente uno qualunque degli archi di un gran circolo, perchè i gradi di tutti questi grandi circoli non erano già uguali fra loro. Indi la necessità di rifare da capo le misure già eseguite.

Se la terra fosse una sfera perfetta, tutti i gradi del terrestre meridiano, dall' equatore fino ai due poli sarebbero eguali in lunghezza. Infatti, un grado di meridiano terrestre altro non è fuorchè lo spazio che devesi percorrere su questa curva, affinchè due rette ZA e *za* (*Fig.* 3.), condotte dalle estremità di quello spazio medesimo perpendicolarmente alla curva FG (cioè alle sue

tangenti AM, *am*, che determinano l'orizzonte del punto A e del punto *a*) facciano tra loro un angolo (che nella figura è, per maggiore chiarezza, esagerato) d'un grado AC*a*, vale a dire di $^1/_{360}$ del circolo. Or bene, se la curva FG è porzione di un circolo, le linee CA o C*a*, perpendicolari alle sue tangenti, non essendo che raggi condotti al centro, s'incontreranno sempre alla stessa distanza dalla curva; ed in tutta l'estensione della circonferenza, ad uno stesso arco corrisponderà sempre uno stesso angolo, sicchè i gradi tutti avranno necessariamente la stessa lunghezza.

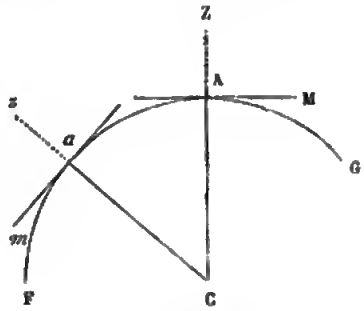


Fig. 3. — Ipotesi della sfericità perfetta.

Ma se, invece di essere una sfera perfetta, la terra è uno sferoide, e se perciò il meridiano, invece di essere un circolo, è un'altra specie di curva, non avente una curvatura uniforme, tutto ciò più non può in modo alcuno accadere.

Supponiamo infatti che questa sia la figura della terra, il cui più piccolo asse PP' è il diametro che passa pei poli PP'. Sia EQ un diametro equatoriale qualunque, ed EPQP' una sezione della terra presa all'asse PP', il quale sarà così un meridiano terrestre. Se prendiamo, sopra una curva siffatta, due archi M*m* ed N*n* (*Fig.* 4.) di eguale lunghezza, ma l'uno nella parte più convessa e l'altro nella parte più schiacciata della curva, le perpendicolari MC ed *m*C, condotte alle estremità del primo arco,

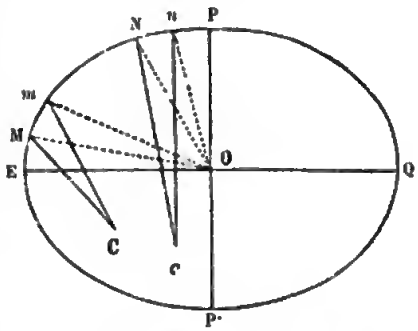


Fig. 4. — Ipotesi della sferoidità.

s' incontreranno in un punto più prossimo a quest' arco, di quello al quale, rispettivamente all' arco più compresso N*n*, si incontreranno le due perpendicolari N*c* ed *nc*, condotte alle estremità di quest' arco medesimo. — Per la qual cosa, l' angolo N*cn* è minore dell' angolo MC*m*. Se quest' ultimo adunque sarà di un grado, l' arco N*n*, eguale in lunghezza ad M*m*, non potrà corrispondere ad un grado anch' esso; e per ottenere questo angolo nella parte NP della curva, bisognerà abbracciare uno spazio più grande di quello che occupa l' arco M*m* nella parte *m*E della curva medesima. O, in altri termini, per far si che i gradi terrestri corrispondano ai gradi celesti (i quali, appartenendo ad una perfetta sfera, sono tutti esattamente uguali fra loro) fa d' uopo che sieno più grandi nella parte schiacciata del globo, cioè presso ai poli, che nella sua parte convessa, cioè presso all' equatore.

Egli è chiaro che il caso sarebbe esattamente inverso, qualora la terra esser potesse uno sferoide generato dalla rotazione di un elisse sul suo più grande asse EQ. Dal che emerge che l' importante questione — qual sia la figura del meridiano terrestre — può essere soltanto risoluta, quando si misurino vari archi del meridiano in differenti latitudini.

Checchè di ciò sia, le dottrine di Huygens e di Newton ricevevano una solenne conferma sensibile e fisica da una singolare osservazione, stata fatta dal francese Richer nel 1671, osservazione che solo da quelle dottrine medesime poteva ricevere razionale spiegazione. Quest' ultimo astronomo, recatosi da Parigi a Cajenna (isoletta dell' America meridionale, situata pochi gradi a settentrione dell' Equatore, nella Guiana francese) avea riconosciuto che il suo ottimo ed esattissimo orologio a pendolo presentava tutti i giorni un ritardo di 2 minuti e 28 secondi, a paragone del moto diurno della sfera celeste. Le oscillazioni del pendolo non duravano più a Caienna, come a Parigi, un minuto secondo, ma avevano una durata alquanto maggiore; talchè, per far ritornare al giusto suo moto lo strumento, fu d' uopo accorciare la verga del pendolo di una linea ed un quarto.

Digitized by Google

Il singolare fenomeno, notificato in Europa, destò in sommo grado l' attenzione e la curiosità dei dotti. Ognuno volle ripetere l' esperienza su punti diversi della terrestre superficie; e dalle reiterate prove ed osservazioni risultò che, per dare oscillazioni della uniforme durata di un secondo, il pendolo debbe avere una lunghezza tanto maggiore, quanto più la località dista dall' equatore verso i poli; e così, per esempio, che, mentre a Parigi questa lunghezza doveva essere di 440 linee e $^1/_2$, a Quito nel Perù non doveva eccedere 438 linee e $^{82}/_{100}$ di linea, e a Pello, in Isvezia, presso il circolo polare Artico, richiedevasi invece una lunghezza di 441 linee.

La causa di queste differenze era agevole a trovarsi, se la forma della terra è quella di uno sferoide di rivoluzione; mentre invece sarebbero state affatto inesplicabili, se la terra fosse una sfera perfetta. — Infatti, quando il pendolo che regola l' orologio si allontana dalla verticale, per compiere la sua prima mezza oscillazione, la forza che poi lo riconduce alla verticale stessa, è la forza di gravità; e la velocità con la quale essa ve lo riconduce è tanto maggiore, quanto è più energica l' intensità della forza medesima, e tanto minore quanto la gravità è più debole. L' ago dell' orologio non segna sul quadrante un secondo, se non se dopo che il pendolo abbia compíto una oscillazione. Quindi è che se l' ago segna costantemente in un dato luogo un numero di secondi minore che in un altro luogo, durante una intera rivoluzione delle stelle, e se questo fatto si riproduce sempre e con costante regolarità, ciò chiaramente prova che nel primo di questi luoghi la forza di gravità, che sollecita il pendolo, è minore che nel secondo. Ora, dall' esperienza di Richer risultava appunto che ciò accadeva presso l' equatore: quivi il pendolo oscillava più lentamente che ai poli, indizio certo che all' equatore la forza di gravità è meno energica che nelle regioni polari. Ma se la terra fosse una sfera perfetta, la forza di gravità (vale a dire la forza che sollecita ed attrae verso il centro tutte le molecole esistenti sulla terra medesima) dovrebbe necessariamente essere uguale

su tutti i punti della sua superficie, perchè questi punti sarebbero tutti, nella sfera, egualmente lontani dal centro, a cui tendono tutte le verticali rappresentanti le direzioni della forza medesima. Da ciò adunque fa d' uopo concludere che la terra è sensibilmente compressa, schiacciata verso i poli o rigonfia all' equatore; perchè lo schiacciamento spiega appunto come la gravità sia più grande ai poli che all' equatore medesimo, essendo la superficie schiacciata più prossima al centro che la superficie convessa.

VI.

Successive ed accurate esperienze confermarono il principio della differenza della forza di gravità nelle varie parti della terra, e mostrarono che perciò appunto il peso dei corpi aumenta progressivamente con le latitudini secondo una legge determinata. La variazione estrema, ossia la differenza dei pesi di uno stesso corpo, successivamente trasportato all' equatore ed ai poli, è la 194ª parte di quel peso medesimo, e l' aumento successivo che subisce di parallelo in parallelo, è proporzionale al quadrato del seno della latitudine.

Benchè non sia forse strettamente necessario, giova qui però premunire contro un equivoco, in cui un meno esperto potrebbe cadere. Quando affermo che un corpo pesa *di più* al polo che all' equatore, non intendo già parlare del suo peso *relativo*, ma bensì del suo *peso assoluto*, cioè della sua gravità. Il peso relativo di un corpo è quello che si riconosce mediante una bilancia, destinata a fare equilibrio a quel corpo con un altro corpo di peso conosciuto e posto in identiche circostanze. Ora, è evidente che se i due corpi sono trasportati altrove, il cambiamento che può subire il loro peso assoluto, cioè la forza con la quale gravitano verso il centro della terra, sarà lo stesso per ambidue, talchè continueranno a farsi scambievolmente equilibrio. È chiaro dunque non essere di questo peso relativo che noi volevamo ragionare, quando dicevamo

che un corpo di 194 chil.^{mi} all'equatore, ne peserebbe 195 al polo; ma volevamo significare che la forza con la quale questo corpo gravita verso il centro della terra, è al polo di $^{1}/_{194}{}^{mo}$ maggiore che all'equatore. È facile rendere sensibile questo concetto. Immaginiamo (*Fig.* 5.) che un peso x, posto all'equatore E, possa essere sospeso ad un filo sopra una puleggia A, poscia sovra altre pulegge B, C, ecc. lungo tutto il meridiano terrestre, fino ad un'ultima puleggia O posta al polo P; ed immaginiamo che qui il filo sostenga un altro peso y. Or bene, se x ed y sono tali, che in una medesima stazione (equatoriale o polare) si facciano equilibrio sopra una bilancia o sur una puleggia, nella posizione ideale invece indicata nella nostra figura, questo equilibrio non è più possibile; il corpo y posto al polo prevarrà sul corpo x posto all'equatore; e, per ristabilire l'equilibrio, converrà aggiungere ad x un 194° della sua massa, ossia aumentare di $^{1}/_{194}$ il suo peso.

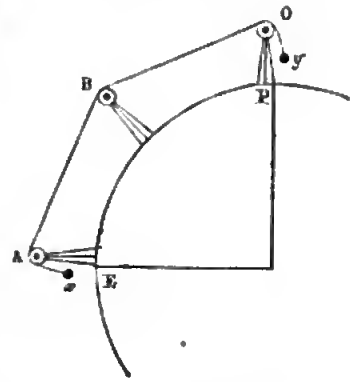


Fig. 5. — Forza di gravità all'equatore ed ai poli.

Il motivo di tutto ciò (lo ripeto) è che la terra non è una perfetta sfera, ma uno sferoide schiacciato ai poli; che quivi la gravità è maggiore che all'equatore, perchè più prossimo il centro della terra a cui tende la gravità medesima.

La teoria della diminuzione della gravità procedendo dai poli verso la linea equinoziale, venne ripetute volte confermata da un gran numero di osservazioni sul pendolo, fatte dalla Laponia fino al Capo di Buona Speranza da illustri viaggiatori; osservazioni dalle quali risultò, come già accennai, che la variazione estrema, della intensità di questa forza è di circa $^{1}/_{194}{}^{me}$, e che la diminuzione ch'essa subisce di parallelo in parallelo è proporzionale al quadrato del seno della latitudine.

Ma — (cosa singolare sebbene non unica nella storia dello spirito umano!) — quantunque sulla questione della figura della terra si fosse, per così dire, sorpresa sul fatto la natura, e toccata col dito la verità, si videro ad un tratto i filosofi posteriori all' Huygens ed al Newton (e fra essi uomini sommi, come il D' Anville e lo stesso Cassini) tratti in fallo da erronee misure, perdere il retto sentiero, ed affermaro che la terra è ovale ed allungata nel senso dei poli, o, in altri termini, che l' elissoide terrestre compie la sua rivoluzione intorno al suo grand' asse, — vero paralogisma, contrario alla teoria della gravitazione ed all' equilibrio dei fluidi.

E così la terra fu considerata ancora per quarant' anni (se non da tutti i dotti, almeno dai Francesi, i quali sul finire del XVII secolo facevano giustamente autorità) come uno sferoide allungato verso i poli. Ma l' illustre Accademia delle Scienze non disperò delle teorie Newtoniane, stabilite coi più sublimi ed inconfutabili calcoli. Due Commissioni prese nel suo seno furono spedite, l' una nel 1736 al Perù, l' altra nel 1737 al circolo polare artico, coll' intento di misurare i gradi del meridiano in prossimità dell' equatore e presso il polo. I risultamenti ottenuti da ciascuna Commissione, comparati sia fra loro, sia al grado misurato in Francia da Picard, posero compiutamente fuori di dubbio lo schiacciamento polare. Ed i due Cassini (dando uno splendido esempio di quella virtù che è tanto difficile per gli ignoranti, ma che è propria del vero sapiente, di avere cioè la coraggiosa ingenuità di confessare il proprio errore riconosciuto) dopo avere verificato le misure ed i computi, vennero con nobile franchezza a dichiarare davanti all' Accademia che alcune inesattezze eransi insinuate nei loro calcoli, e che la terra è realmente uno sferoide schiacciato ai poli. — E qui si chiude il terzo periodo della Storia dei sistemi ideati per misurare la terra; periodo contrassegnato dalla scoperta e dalla dimostrazione della sferoidità del terrestre pianeta.

Digitized by Google

VII.

Ma non bastava all' audacia dei geometri lo avere in modo generale determinato la figura del nostro globo; essi vollero inoltre scoprire l' esatta quantità di questo schiacciamento polare, di cui tante nobili fatiche avevano oramai posto in chiaro la esistenza.

Molte difficoltà pur tuttavolta vi si opponovano, e seri dubbi si suscitavano sulla possibilità di raggiungere mai l' alto scopo. Il più grave e ponderoso fra questi dubbi era stato affacciato con molta chiarezza da un valente geometra, Paolo Frisi, il quale, raccogliendo i risultamenti ottenuti dalle dodici migliori misure di un arco di meridiano, che fino allora fossero state eseguite in latitudini differenti, lo soggettò ad una prova critica, dalla quale non uscirono punto vittoriose.

I gradi di meridiano onde qui si parla erano stati misurati — al Perù, da Bouguer e La Condamine —, al Capo di Buona Speranza, da Lacaille —, in Pensilvania, da Mason e Dixon —, negli Stati della Chiesa, da Boscovich e Maire —, due in Francia, da Cassini e La Caille —, in Piemonte, da Beccaria —, in Ungheria, da Liesganig —, in Olanda, da Cassini de Thury —, in Laponia, da Maupertnis.

Tentando di calcolare, giusta la teoria di Newton, una curva regolare, a comporre la quale questi dodici gradi potessero entrare, Frisi li trova tutti o troppo grandi o troppo piccoli; gli errori che si dovrebbòro supporre nelle singole misure, per poter far piegare quei gradi in una elissi regolare, il cui piccolo asse fosse al grande come 230 è a 231, secondo i dati della teoria Newtoniana, ammontano a più di 100 tese per grado, ed anzi, per uno di essi (quello di Ungheria), a più di 200 tese.

L' impossibilità, per tal modo riconosciuta, di combinare in una regolare elissi i gradi stati già misurati da uomini eminenti, fece

nascere diverse opinioni fra i dotti. Si cominciò dal condannare le operazioni di Maupertuis in Lapouia, siccome poco sicure, sia a cagione della scarsa diligenza che vi era stata recata, sia perchè troppo piccolo era l'arco ivi misurato, sia infine considerando lo incertezze di questo scienziato medesimo sui risultamenti delle sue proprie misure, avendo egli dato al grado dapprima 57,405 tese nella sua opera *La figure de la Terre*, e poi 57,438 nei suoi *Eléments de Géographie*. Con la stessa severità venne giudicata la misura del Padre Liesganig in Ungheria, eseguita con istrumenti molto inesatti, e nella quale il barone De Zach avea provato che si erano insinuati errori di non meno che 150 tese.

Lo spirito di scetticismo, una volta destato, andò (come suole avvenire) tant'oltre, da mettere in dubbio la possibilità medesima di misurare esattamente un grado di meridiano. Gli errori inseparabili dalla natura degli strumenti allora adoperati, potevano salire a 3 o 4 secondi per grado di arco celeste, ossia a 60 tese per grado terrestre. — L'*attrazione delle montagne*, che ha per effetto di spostare dalla verticale il filo a piombo, destava sopratutto le più serie inquietudini; imperocchè questo effetto della gravitazione, mentre è una prova sensibile della teoria generale di Newton, poteva però alterare le misure, fatte d'altronde con la più grande diligenza; poichè una deviazione del filo verticale di 15 secondi soltanto alle due estremità dell'arco misurato, produrrebbe un errore di 500 tese, vale a dire di una quantità più grande della presunta differenza dei due gradi estremi, presi sotto l'equatore e sotto il polo. Or bene (dicevasi) Newton stesso ha calcolato l'attrazione delle montagne di 2 minuti per una eminenza di 3 miglia inglesi e di 6 miglia di media larghezza. Egli è vero bensì che questo calcolo dava forse una quantità troppo forte, perocchè le osservazioni di Bouguer e La Condamine, fatte con somma cura nel 1737 nel Perù presso alla montagna del Chimborazo (allora creduta erroneamente la più alta del globo), davano una deviazione del filo a piombo di 7 secondi e $^1/_2$ soltanto per la forza attrattiva di quella mole

montana, la quale (secondo l'accennato calcolo Newtoniano) avrebbe dovuto esercitare invece un effetto almeno 13 volte più grande. Ma ciononostante (osservavasi) non può dubitarsi dell'esistenza di una inevitabile fonte di errori nella attrazione delle montagne, — e, ciò che è peggio, di una fonte di errori difficili e forse impossibili a misurarsi o correggersi; poichè la natura delle rocce, vulcaniche o no, la maggiore o minore compattezza delle masse montuose, potevano aumentare o diminuire il coefficiente di attrazione, senza che fosse materialmente possibile il trovarne la cagione ed il vero valore.

A tutte queste obbiezioni, che una critica sottile e forse un tantino troppo pirronistica veniva accumulando contro la possibilità di una esatta misura della terra, alcuni intelletti superiori rispondevano molto argutamente. Il grande argomento di Frisi, che avea dato il segnale dell'allarme, consisteva essenzialmente nel non potersi piegare in una curva regolare i gradi misurati. E chi vi dice (domandava sagacemente l'illustre Buffon) che questa curva debba essere assolutamente regolare? La geometria della natura non è mai così semplice, come la geometria di Euclide. Essa arriva in tutte le sue opere all'ordine ed all'armonia attraverso ad una serie di apparenti perturbazioni, che poi si compensano o si eliminano reciprocamente. Per proclamar vera la teoria Newtoniana, non è punto necessario che la terra sia un elissoide esattamente regolare; basta che la sua generale curvatura sia quella di uno sferoide, benchè soggetta ad alcune lievi irregolarità.

In quanto poi (aggiungevasi) agli errori dipendenti dalla imperfezione degli strumenti e dalle inesattezze dei calcoli, essi non devono ad altro consigliarci, che a cercare di correggerli, perfezionando i nostri mezzi di osservazione e recando maggiore studio e diligenza nei nostri lavori, senza farci punto disperare del loro finale risultamento.

Nonostante però la evidente giustezza di queste osservazioni, il dubbio e l'incertezza avrebbero, chi sa ancora per quanto tempo, continuato ad occupare le menti ed a farle esitanti e

sconfortato circa il grando problema, so ad affrettarne la soluzione non fosse sopravvenuto un possente eccitamento, derivato da una circostanza del tutto estranea alla sfera delle teoriche disputazioni, — cioè dallo scoppio della Rivoluzione Francese.

Fra i più formidabili rivolgimenti che, nel corso della umana istoria, rinnovarono più volte lo basi sulle quali la società civile riposa, nessuno è stato forse più diversamente giudicato, di quello col quale il secolo scorso si chiuse, e cominciò il secolo corrente. A udir certuni, seguaci dei De Maistre e dei Bonald, esso non fu che il colmo della umana follia e della popolare ferocia, per le inique stragi di settembre, por le *Noyades* nella Loira, pei *Mariages Republicains* di Nantes o di Tolone, per la ghigliottina del Terrore, per le sinistre figure di Marat, di S. Just, di Danton, di Robespierre. Altri invece, col Thiers e col Lamartine, la levano a cielo per l'abolito feudalismo, per la proclamata eguaglianza civile, per le idee di libertà propagate nel mondo o sancite nei Codici, gloria immortale del Consolato, che della Rivoluzione fu il primogenito figlio.

Sarebbe un troppo strano fuor d'opera il voler qui pesare in equa lance questo contraddittorie sentenze. Siami però lecito osservare, poichè l'occasione mi si porge, che si è d'ordinario nel seno dello grandi rivoluzioni, che i caratteri, grandi anch'essi, si svolgono, ed i più possenti intelletti si formano —, testimoni Cesare, Maometto, Ildebrando, Lutero, Cromwell, Napoleone. — Si è allora che le menti, scosse dai tranquilli letarghi e sdegnose di dormire sotto i già riportati allori, s'innalzano alle più ardite ricerche del vero. Platone, Demostene, Fidia vissero nei più agitati tempi della Grecia; — Cicerono, Lucrozio, Virgilio, nella crisi più solenne della storia di Roma; — Machiavelli, il Sanzio, Michelangelo, Leonardo, nell'Italia delle congiure o delle invasioni straniere; — Milton è contemporaneo di Cromwell, como Shakspeare e Bacone lo sono di Elisabetta.

Egli è del pari durante le violente convulsioni della francese Rivolnzione, che lo spirito umano s'innalzava ai più insigni tro-

vati, i quali diedero inaudito impulso alle scienze, alle arti ed alle industrie. Egli è allora che Lavoisier e Berthollet creano di pianta la chimica; Monge, la Geometria descrittiva; allora Lagrangia e Laplace compiono la filosofia Newtoniana, e Carnot rinnova l' arte militare. — La parte che i dotti di quell' epoca memoranda presero appunto alla soluzione del grande problema geografico, di cui stiamo ora occupandoci, formerà il primo argomento ch' io tratterò nella ventura nostra lezione.

Digitized by Google

LEZIONE VI.

Dimensioni e Movimenti della Terra

—

SOMMARIO.

Lavori dei dotti per la formazione del nuovo sistema metrico. — Misura del quarto di meridiano terrestre. — Valore dei gradi in latitudine ed in longitudine. — Dimensioni ed irregolarità dello sferoide terrestre. — Isolamento della Terra nello spazio. — Gravitazione universale. — Moto diurno delle stelle. — Esperienze di Foucault sul pendolo. — Rotazione diurna della Terra. — Rivoluzione della Terra intorno al Sole. — L'Eclittica. — Sua obliquità. — Equinozii. — Solstizii. — Segni del Zodiaco. — Le stagioni. — Precessione degli Equinozi. — Nutazione. — Conclusione delle prenozioni di Geografia Matematica ed Astronomica.

I.

Signori,

Un concetto politico ed economico, nato durante la Rivoluzione Francese, con la quale si chiuse il passato ed ebbe principio il presente secolo, fornì opportuna occasione a ripigliare da capo ed a proseguire con novello ardore lo studio del grande problema geografico della misura della terra, intorno al quale vedemmo, nella passata lezione, quanto si fossero travagliati i più poderosi ingegni delle età antecedenti, ed a porre finalmente un termine alle continue e sempre rinascenti incertezze ed alle eterne disputazioni dei geometri e degli astronomi.

Digitized by Google

La moltiplicità grandissima e l'enorme differenza delle unità di misura adoperate nelle comuni transazioni del commercio e nei quotidiani affari della vita sociale, unità la più parte derivate da tipi arbitrari e da accidentali e mutevoli circostanze, suscitando ostacoli e difficoltà d'ogni maniera alle contrattazioni, era un male da lungo tempo sentito e lamentato da tutte le trafficanti nazioni. L'Assemblea Nazionale di Francia e poi la Convenzione si occuparono dell'arduo problema; e, sulla proposta dell'accorto Talleyrand, fu nominata una Commissione di dotti, composta di Borda, Lagrangia, Laplace, Monge e Condorcet, la quale propose che l'unità di misura delle lunghezze (a cui poscia dovevano essere riferite tutte le altre unità, pei volumi, per le capacità, pei pesi ecc.) fosse presa, non più da arbitrarie convenzioni, ma dalla natura medesima; e che la dieci-millionesima parte del quarto di meridiano terrestre fosse, sotto il nome di *Metro*, adottata qual tipo invariabile delle misure lineari. Una metrologia fondata su questa base (dicevasi) apparterrebbe a tutte le nazioni ed a tutti i secoli, sarebbe dai popoli tutti e per sempre accettata.

Ma come mai potevasi egli arrivare a conoscere con precisione la lunghezza del quarto di meridiano, *cioè di quella porzione di questo gran circolo, che si stende dall'equatore al polo?* — Si poteva, a vero dire, dedurla dalle antiche misure; ma queste, da una parte, reciprocamente si contraddicevano; dall'altra, conveniva dare al nuovo sistema metrologico una maggiore autenticità, appoggiandolo ad operazioni condotte con una esattezza fino allora sconosciuta e renduta possibile solo dalla perfezione di recente recata negli strumenti di precisione, ed affidandone la direzione ad uomini forniti di una incontrastabile scientifica autorità.

Delambre e Mechain vennero incaricati di misurare l'arco del meridiano intercetto fra i paralleli di Dunkerke e di Barcellona. Quei due celebri geometri misurarono gli angoli di 90 triangoli coi nuovi circoli ripetitori, che Borda aveva poco prima insegnato a costrurre, facendo le loro osservazioni a cinque diverse latitudini, *Dunkerke, Parigi, Evaux, Carcassonne e Barcellona.* Le due basi

del loro reticolato trigonometrico, presso Melun e Perpignan, furono misurate con regoli di platino e di rame. Le più minuziose cure furono adoperate, ad ovviare e rettificare i minimi errori. L'eletta dei geometri di tutta l'Europa fu chiamata a verificare e sancire tutti i calcoli.

Da questa grande operazione, cominciata nel 1792 e compiuta nel 1798, risultò che (conformemente alla teoria Newtoniana) *i gradi del meridiano diminuiscono verso il mezzodì e crescono verso il settentrione.* Ma (come aveva ben preveduto il Buffon) gli aumenti dei gradi terrestri da sud a nord non vanno già soggetti ad una regola matematica rigorosa e costante; sicchè un meridiano non è, esattamente parlando, una elissi regolare e perfetta; ed è quindi probabile che la terra non sia in assoluto modo uno *sferoide di rivoluzione,* vale a dire un solido circoscritto dalla rivoluzione di una stessa elissi attorno al suo asse.

Combinando le misure dei meridiani fatte nel Perù da Bouguer e Godin; in Francia, da Lacaille, Delambre, Mechain, Arago e Biot; in Italia, da Boscovich; in Pensilvania, da Mason e Dixon; in Inghilterra, da Roy e Mudge; nelle Indie, da Lambton ed Everest; in Laponia, da Svanberg; nell'Annover, da Gauss; in Russia, da Struve e da Tenner, si giunse ai risultamenti che seguono:

	Tese.	Metri.
Raggio equatoriale	3272380	6377946
Raggio polare	3261540	6356859
Differenza	10840	21087
Quarto del meridiano	5134677	10001789
Meridiano totale	20526708	40007156
Equatore totale	20560970	40074083
Grado medio del meridiano . . .	57049	111131
Grado medio dell'equatore . . .	57114	111317

La differenza dei due raggi, polare ed equatoriale, divisa per quest'ultimo, dà lo schiacciamento

$$0{,}0033065 \text{ ossia } \frac{1}{302{,}4}.$$

Questo schiacciamento, determinato dietro il confronto fra tutte le suaccennate misure, differiva notevolmente da $^1/_{334}$ ch'era stato

trovato dalla Commissione del metro sulle misure del solo meridiano francese. L'unità delle misure, invece di essere 0,5130740 tesa, o 443,296 linee, come questa Commissione aveva annunciato, vale realmente 0,5131677 tesa, ossia 443,377 linee.

Le discordanze che si osservano tra le misure effettive dei meridiani ed i valori calcolati nell'ipotesi di una perfetta elissicità del globo, provengono in parte dagli errori non evitabili delle osservazioni, in parte dalle irregolarità della superficie terrestre. — Coteste irregolarità non sono tutte ancora conosciute dalla scienza; ma sembra che fra i due emisferi esistano differenze non solo in quanto al rilievo dei continenti ed alla distribuzione dei mari, ma eziandio rispetto alla forma geometrica; le due calotte polari non sono, supponesi, egualmente schiacciate; e i meridiani tutti sono elissi irregolari. Dalle più recenti misure pare che un rialzamento perpendicolare all'equatore e, per conseguenza, parallelo ai meridiani, emerga attorno al globo, passando attraverso l'Africa e l'Europa, verso 12 gradi a levante della longitudine di Parigi; e che, per contro, due depressioni o poli di second'ordine, aventi uno schiacciamento di 2 chilometri circa (cioè un po' meno del decimo dello schiacciamento polare propriamente detto, e un po' più di $^3/_{1000}$ del raggio terrestre) cadono entrambi in regioni della zona equatoriale, ove le terre sono singolarmente abbassate, l'una a 102° E. di Parigi, in mezzo all'Arcipelago della Sonda; l'altra nell'emisfero occidentale, non lungi dall'istmo di Panama. Ma tutte queste irregolarità geometriche di curvatura, poste in chiaro dalle più recenti osservazioni di Schubert, di Clarke, di Bessel, di Struve, irregolarità senza dubbio mutevoli in funzione di quei cambiamenti di livello dei quali parleremo a lungo nel nostro Corso, e dei relativi spostamenti del centro di gravità del pianeta, non si rivelano (come bene osserva il Sig. Eliseo Reclus) che all'astronomo e non hanno seria importanza per la Geografia e per la Fisica del globo.

Tutte le quali cose viemmeglio ancora appariranno dal quadro seguente.

Osservatori.	Limiti dell' arco.	Latitudine media.	Amplitudine.	Lunghezza misurata.	Lunghezza calcolata.	Differenza totale.	Differenza per grado.
Bouguer.	Cotchesqui-Tarqui.	1°.34'.01"	3°.07'.03"	176877	176874,2	+ 2,8	+ 1
Godin.	Cotchesqui-Pueblo.	1 . 40 . 55	3 . 26 . 52	195723	195613,3	+ 109,7	+ 32
Lambton.	Ponnac-Putchapolliam	9 . 34 . 38	2 . 50 . 10,089	160944,22	160954,1	— 9,9	— 3
Lambton.	Paudrée-Trivandepooram . . .	12 . 32 . 21	1 . 34 . 55,896	89815	89808,7	+ 6,3	+ 1
Lambton.	Putchapolliam-Namthabad . . .	13 . 02 . 18	1 . 06 . 10,627	232883,93	232901,9	— 18,0	— 1
Lambton.	Namthabad-Daumergidda . . .	16 . 34 . 35	2 . 67 . 22,850	167861,99	167866,2	— 4,2	— 2
Lambton.	Daumergidda-Takalkhera . . .	19 . 34 . 34	3 . 02 . 35,865	172880,10	172856,5	+ 23,9	+ 8
Everest.	Takalkhera-Kullianpoor	22 . 36 . 32	3 . 01 . 19,911	171601,27	171718,9	— 117,6	— 39
Mason.	Pensilvania	39 . 11 . 57	1 . 28 . 15,0	84147,23	84255,8	— 108,6	— 74
Biot.	Formentera-Mont Jouy	40 . 00 . 51	2 . 11 . 50,17	163674,0	163667,3	+ 6,7	+ 2
Méchain.	Mont Jouy-Carcassone	42 . 17 . 20	1 . 61 . 07,72	105507,2	105557,2	— 60,0	— 28
Boscovich.	Roma-Rimini	43 . 01 . 00	2 . 09 . 17	123221,3	123292,3	— 71,0	— 33
Lacaille.	Perpignan-Rhodez.	43 . 31 . 10	1 . 39 . 11,2	94308	94234,1	+ 73,9	+ 11
Delambre.	Carcassone-Évaux	44 . 11 . 18	2 . 57 . 18,24	168859,8	168960,2	— 100,4	— 34
Lacaille.	Rodez-Bourges	45 . 13 . 11	2 . 13 . 61,08	155767,39	155729,3	+ 38,1	+ 11
Delambre.	Évaux-Parigi	47 . 30 . 16	2 . 10 . 06,83	152305,0	152224,2	+ 80,8	+ 31
Lacaille.	Bourges-Parigi	47 . 57 . 10	1 . 15 . 07,33	99990	99949,9	+ 10,1	+ 23
Lacaille.	Parigi-Dunkerque	49 . 66 . 09	2 . 11 . 50,25	125430	125393,2	+ 37,8	+ 17
Delambre.	Parigi-Dunkerque	49 . 56 . 29	2 . 11 . 19,13	124944,8	124900,0	+ 44,8	+ 21
Roy.	Dunkerque-Greenwich	61 . 15 . 24	0 . 26 . 31,50	25241,9	25234,1	+ 7,8	+ 17
Mudge.	Dunnose-Arbury	61 . 25 . 19	1 . 36 . 23,31	91679,17	91700,7	— 21,2	— 13
Gauss.	Gottinga-Altona.	62 . 32 . 17	2 . 00 . 57,12	115163,27	115095,2	+ 68,1	+ 31
Mudge.	Arbury-Clifton	52 . 50 . 30	1 . 13 . 58,632	70377,85	70396,7	— 17,8	— 11
Tenner.	B lin-Nemesh	63 . 20 . 53	2 . 36 . 23,656	118811,383	118835,3	— 23,9	— 9
Tenner.	Nemesh-Bristen.	66 . 36 . 58	1 . 55 . 17,035	110298,633	110228,6	+ 69,9	+ 36
Struve.	Jacobstadt-Dorpat.	67 . 26 . 26	1 . 52 . 12,718	107281,007	107335,3	— 54,3	— 29
Struve.	Dorpat-Hochland	59 . 13 . 59	1 . 12 . 22,191	97538,547	97518,3	+ 20,3	+ 12
Svanberg.	Mallörn-Pahtavara	66 . 20 . 10	1 . 37 . 20,35	92778,6	92814,0	— 35,4	— 21

La somma di tutti questi archi è di 63 gradi e mezzo; la somma delle differenze, così positive come negative, è di 1263 tese; d'onde deriva una media di 20 tese per gli errori di osservazione e di calcolo o per le irregolarità nella figura della Terra, per grado.

Del resto, partendo dai numeri dati nella tabella precedente pei raggi del polo e dell'equatore, si possono calcolare i valori dei gradi così di latitudine come di longitudine. Ecco un quadro, nel quale questi valori sono espressi in tese ed in metri.

	GRADO DI LATITUDINE.		GRADO DI LONGITUDINE.	
Latitudine.	Tese.	Metri.	Tese.	Metri.
0	56738	110585	57113	111315
1	56738	110585	57104	111299
2	56739	110586	57079	111248
3	56740	110588	57035	111163
4	56741	110590	56974	111045
5	56743	110593	56897	110894
6	56745	110597	56803	110709
7	56747	110601	56690	110494
8	56749	110606	56560	110238
9	56752	110612	56414	109953
10	56756	110618	56251	109635
11	56759	110625	56071	109284
12	56763	110633	55873	108899
13	56767	110641	55659	108482
14	56772	110650	55429	108032
15	56776	110659	55181	107550
16	56781	110669	54916	107034
17	56787	110679	54634	106485
18	56793	110690	54336	105903
19	56799	110702	54021	105289
20	56805	110714	53690	104644
21	56811	110727	53343	103967
22	56818	110740	52979	103258
23	56825	110754	52600	102519
24	56832	110768	52205	101749
25	56840	110782	51793	100947
26	56847	110797	51366	100114

	GRADO DI LATITUDINE.		GRADO DI LONGITUDINE.	
Latitudine.	Tese.	Metri.	Tese.	Metri.
27	56855	110842	50923	99254
28	56863	110828	50465	98358
29	56872	110844	49994	97434
30	56880	110861	49503	96482
31	56889	110878	48999	95504
32	56898	110895	48480	94489
33	56906	110912	47946	93449
34	56916	110930	47398	92380
35	56925	110948	46836	91284
36	56934	110966	46259	90160
37	56944	110985	45668	89008
38	56953	111003	45063	87829
39	56963	111022	44444	86623
40	56973	111041	43812	85391
41	56982	111060	43166	84132
42	56992	111079	42506	82847
43	57002	111098	41834	81536
44	57012	111118	41149	80204
45	57022	111137	40452	78843
46	57032	111156	39743	77460
47	57041	111175	39021	76053
48	57051	111195	38287	74623
49	57061	111214	37541	73169
50	57071	111233	36784	71693
51	57081	111252	36015	70195
52	57090	111271	35235	68675
53	57100	111289	34445	67134
54	57109	111308	33644	65573
55	57119	111326	32832	63994
56	57128	111344	32010	62389
57	57137	111361	31179	60769
58	57146	111379	30338	59130
59	57155	111396	29488	57473
60	57163	111413	28628	55797
61	57172	111430	27759	54104
62	57180	111446	26882	52394
63	57188	111461	25997	50669
64	57196	111477	25104	48929
65	57204	111492	24203	47173
66	57211	111506	23294	45402

Digitized by Google

	GRADO DI LATITUDINE.		GRADO DI LONGITUDINE.	
Latitudine.	Tese.	Metri.	Tese.	Metri.
67	57218	111520	22379	43647
68	57225	111534	21457	41820
69	57232	111547	20528	40010
70	57239	111560	19592	38186
71	57245	111572	18650	36350
72	57251	111584	17702	34502
73	57257	111595	16749	32644
74	57262	111605	15791	30777
75	57267	111615	14828	28900
76	57272	111624	13860	27014
77	57276	111633	12888	25119
78	57280	111641	11912	23217
79	57284	111649	11932	21307
80	57288	111656	9949	19391
81	57291	111662	8963	17470
82	57294	111668	7975	15543
83	57297	111673	6984	13612
84	57299	111677	5991	11676
85	57301	111681	4995	9735
86	57302	111684	3997	7791
87	57303	111686	2999	5845
88	57304	111688	2000	3898
89	57305	111689	1000	1949

L'aumento totale dei gradi di latitudine, dall'equatore fino al polo, è di 567 tese, o 1104 metri. Il valore medio (quello cioè di 57019 tese, ossia 111131 metri) cade verso 45 gradi di latitudine.

Il valore di un grado dell'equatore, cioè 57114 tese, ossia 111317 metri, è sensibilmente lo stesso che il valore del 55° di latitudine.

Un minuto in latitudine vale, in media, 950 tese, ossia 1852 metri; un secondo vale 16 tese o 31 metri. Per guisa che due verticali, prese a 16 tese o 31 metri di distanza, fanno tra loro un angolo di un secondo; e fanno un angolo di un minuto, a 950 tese o 1852 metri.

La linea che fa il giro della terra, passando per le due estremità polari, è lunga circa 40 mila chilometri. Schubert, nella sua *Geschichte der Seele,* osserva che una tale distanza è quella che il passo normale dell' uomo potrebbe percorrere in un anno, a patto di non fermarsi mai un istante. La luce, se potesse propagarsi in linea curva, farebbe questo giro sette volte in un minuto secondo.

Resta ora che noi calcoliamo la superficie ed il volume della terra. Se questa fosse sferica e di un raggio eguale a quello dell' equatore, la superficie si otterrebbe moltiplicando il quadrato di questo raggio pel quadruplo del rapporto dalla circonferenza al diametro. Ma, tenuto conto dello schiacciamento, fa d' uopo ridurre questo risultato nel rapporto dell' unità alla frazione decimale 0,9977963, il che dà per la superficie terrestre

134 270 200 000 000 tese quadrate
ossia 510 051 300 000 000 metri quadrati.

Rispetto al volume della terra, supponendola sferica e di un raggio eguale a quello dell' equatore, lo si otterrebbe moltiplicando il cubo di questo raggio pei $^4/_3$ del rapporto dalla circonferenza al diametro. Ma, avuto riguardo allo schiacciamento, fa d' uopo ridurre questo risultato nel rapporto del raggio equatoriale al raggio polare, il che dà pel volume della terra

146 298 100 000 000 000 000 tese cubiche
ossia 1083 160 000 000 000 000 000 metri cubici.

Se immaginiamo una sfera descritta col raggio polare, il volume di questa sfera essendo sottratto dal volume totale della terra, ciò che avanzerà costituirà la *protuberanza equatoriale.* Prendendo il volume terrestre come unità, questa protuberanza avrà per espressione: il quadrato del raggio equatoriale, meno il quadrato del raggio polare, il resto essendo diviso pel quadrato del raggio equatoriale. Ottiensi così la frazione decimale 0,0066023, compresa tra le frazioni ordinarie $^1/_{151}$ ed $^1/_{152}$; il che è quanto dire

che la protuberanza equatoriale forma circa la 151ª parte e mezza del volume totale della terra.

Se la terra fosse sferica, esisterebbe una semplicissima relazione tra la lunghezza di un grado di latitudine e la lunghezza del grado di longitudine che vi corrisponde. Ma in conseguenza dello schiacciamento terrestre, i gradi di latitudine scemano di estensione a partire dal polo, quasi come se le divisioni del meridiano andassero diventando di mano in mano più anguste verso l'equatore; ma allora i circoli paralleli all'equatore devono aumentare proporzionalmente in estensione; talchè, per questa doppia cagione, i gradi di longitudine sono più grandi di quelle che sarebbero nel caso della sfericità perfetta, relativamente ai gradi di latitudine corrispondenti. — Il contrario avrebbe luogo se la terra fosse allungata ai poli: i gradi di longitudine diventerebbero allora più piccoli, relativamente ai gradi di latitudine.

Da tali considerazioni emerge evidente che è dato sapere se la terra è schiacciata o allungata ai poli, e di quanto, misurando due archi passanti per lo stesso punto, l'uno nel meridiano e l'altro sopra un parallelo all'equatore. Quest'ultimo arco, purchè non comprenda più di due gradi, può considerarsi come perpendicolare all'equatore.

Per misurare i due archi onde trattasi, si ricorre al metodo delle catene di triangoli, appoggiandosi sopra una o più basi, ed il loro valore in gradi si determina osservando le latitudini delle estremità dell'arco del meridiano, e le longitudini delle estremità dell'arco del parallelo. — Se non che, l'osservazione delle longitudini è più complessa e più difficile assai di quella delle latitudini, perchè richiede la determinazione del tempo con una grande esattezza, cioè non con la sola approssimazione di un secondo, ma bensì con l'approssimazione di un quinto od anche di un decimo di secondo.

Il sole, infatti, nel suo moto apparente, sembra fare il giro intero della terra, ossia dei 360 gradi, in un giorno; esso si avanza quindi di 15 gradi per ora, e di un grado in 4 minuti o

240 secondi. Per conseguenza, se, sopra un grado di longitudine, si commettesse l' errore di un secondo di tempo, si farebbe un errore eguale alla 240ª parte del grado, il quale ha il valore di 40455 tese alla latitudine media; il che è quanto dire che si cadrebbe in un errore di 160 tese; per commettere un errore di questa mole nella determinazione delle latitudini, converrebbe sbagliarsi nientemeno che di 10 secondi. Egli è vero bensì che può attenuarsi l' errore nelle longitudini, facendolo cadere e ripartire in un arco molto esteso.

Le grandi operazioni di triangolazione che si vanno oggi compiendo in tutte le parti del mondo, condurranno finalmente (giova sperarlo) alla soluzione completamente esatta di questo problema: la misura, cioè, delle dimensioni della terra con tutte le sue irregolarità, problema che è il più importante e fondamentale di quanti si riferiscano alla fisica del globo, ed intorno al quale i dotti si travagliarono con instancabile energia da Eratostene fino ai di nostri, siccome ho provato nella precedente ed in questa Lezione.

II.

Se ho tanto e così a lungo insistito, o Signori, sull' argomento della forma e delle dimensioni del pianeta terrestre, egli è perchè, oltre all' essere questo il primo e necessario punto di partenza dal quale dee prendere le mosse uno studio completo della scienza geografica, forma altresì uno degli elementi, e fra i più essenziali, di parecchie teorie di Meteorologia e di Fisica del Globo, delle quali dovremo *ex-professo* occuparci nelle successive nostre lezioni. — Quando tratteremo, per esempio, delle Correnti marine, delle leggi della Circolazione atmosferica, di quelle delle Tempeste, del Magnetismo terrestre ecc. ecc., saremo obbligati ad ogni istante di richiamare il ricordo della figura geometrica del globo.

Per le ragioni medesime, è ora opportuno ch' io invochi per alcun tempo la loro attenzione, o Signori, sulle leggi che governano i diversi e complicati movimenti del pianeta terrestre.

Se per tutti gli altri punti della Geografia astronomica, meno direttamente interessanti la Fisica del Globo, noi possiamo rimettercene alla Astronomia, questi due, della forma e dei movimenti della terra, esercitano (lo ripeto) troppo immediata ed universale una influenza sui principali fenomeni della Meteorologia e della Geografia Fisica, perchè ci sia lecito di passarli sotto silenzio in un Trattato, che aspira ad essere completo, di siffatte scienze.

La Terra è non solamente un corpo sferoidale, ma è inoltre un corpo perfettamente isolato nello spazio. Un viaggiatore che, partendo dall' Europa, vada sempre sia a levante, sia ad occidente, ritorna al punto di partenza, senza avere incontrato alcun ostacolo assolutamente invalicabile.

L' idea di una sospensione della terra nel vuoto, o, per dir meglio, nell' etere, senza materiale appoggio, ripugnava talmente agli autori delle vetuste cosmogonie, ch' essi immaginarono di farla riposare or su quattro elefanti, come i Bramini dell' India, ora (come gli antichi Scandinavi) su quattro immense colonne, ora, come la greca mitologia, sulle spalle di Atlante. Ma dimenticavano gli inventori di queste teorie di dirci su qual cosa, a volta loro, riposassero e gli elefanti e le colonne ed il robusto titano.

La Terra, dico il volgo, dovrebbe cadere, se fosse isolata nello spazio; ma questa obbiezione fondasi sopra una male intesa generalizzazione dell' idea di gravità, e la parola *cadere* non ha realmente significato alcuno, applicata al nostro globo. Un corpo che cade è, infatti, un corpo che, momentaneamente sospeso, si riavvicina alla terra, appena è abbandonato a sè stesso. Quando un corpo cade, tutto non è simmetrico, a partire dal punto in cui comincia a cadere; la materia terrestre, la cui presenza può essere una causa di attrazione, esiste al di sotto del corpo cadente; al di sopra di esso, almeno fino ad una immensa distanza, nulla esiste che possa far nascere una forza capace di neutraliz-

zare la prima. Ma ciò non può dirsi del nostro globo, il quale, considerato nel suo complesso come un corpo grave, non ha attorno a sè alcuna forza particolare, che possa farlo cadere in un senso piuttosto che nell' altro. V' ha benissimo una forza d' attrazione, a cui la terra è soggetta; ma l' effetto che da questa forza risulta è ben altro da quello che esprimiamo comunemente col vocabolo *caduta*.

È noto in che consista e come si operi il moto diurno delle stelle, in virtù del quale la sfera celeste gira intorno alla linea dei poli, come intorno ad un asse. I fenomeni del moto diurno possono spiegarsi in due opposte guise: o supponendo che realmente la sfera celeste si muova da oriente a ponente intorno alla terra, fatta centro di questo moto; o immaginando che la terra si muova nella contraria direzione, da occidente verso levante, rimanendo immote le stelle. Se quest' ultima ipotesi è la vera, noi, abitanti della terra, partecipando al generale suo moto, senza avvedercene, dobbiamo essere naturalmente indotti ad attribuire agli oggetti esterni un movimento, il quale allora non è che una mera apparenza dovuta al traslocamento della terra medesima. Entrambe le ipotesi rendono adunque sufficiente ragione dei fenomeni del moto diurno; entrambe, considerate per questo solo rispetto, sono adunque egualmente ammissibili. Ma se ambedue sono del pari acconcie a spiegare questi fenomeni, l' una di esse però non tarda a manifestarsi, per varie altre considerazioni, prettamente assurda, mentre l' altra non solamente va esente da questo vizio, ma è confermata da prove dirette e sensibili. — Veggiamo quindi, a quale di esse la logica, l' osservazione e l' esperienza stessa ci costringano a dare la preferenza.

È agevole trovare il moto che aver dovrebbe la terra, per produrre le apparenze del moto diurno. Se essa fosse animata da un uniforme movimento di rotazione intorno ad uno de' suoi diametri, l' osservatore partecipando a questo general movimento e perciò credendosi immobile, sarebbe indotto ad attribuire agli astri un moto simile, intorno al medesimo asse, ma in senso con-

Digitized by Google

trario. Se le stelle fossero, come gli Antichi opinavano, tutte fissate alla superficie di una immensa sfera di cristallo, le apparenze del moto diurno potrebbero spiegarsi egualmente coll'ammettere l'immobilità della terra ed il moto di questa sfera, come ammettendo invece l'immobilità della sfera e la traslazione della terra. Ma, poichè lo stato attuale delle cognizioni astronomiche non ci permette più in alcun modo di accettare i cieli cristallini di Aristotele; poichè le stelle sono altrettanti corpi isolati, è evidente che la prima ipotesi, quella del movimento degli astri, incontra una prima grande inverosimiglianza nel semplice fatto della invariabilità e della costanza eterna delle rispettive loro posizioni. In altri termini, bisogna convenire che è ben poco verosimile che tutte le stelle, senza eccettuarne pur una, siano animate da movimenti talmente concordi fra loro, da sembrare avvinte le une alle altre, formando un tutto solido e compatto. E non è punto meno inverosimile che questo moto di rotazione della massa dei corpi celesti accada intorno ad un asse, che attraversi precisamente questo così piccolo corpo che noi abitiamo. È, all'incontro, infinitamente più semplice l'ammettere che il moto diurno delle stelle non sia se non un'apparenza dovuta alla rotazione che compie la terra intorno ad uno de' suoi diametri: tutti confesseranno che, con questa ipotesi, almeno si sfugge alle due accennate inverosimiglianze.

La grande probabilità che risulta da queste considerazioni riceve altresì luminosa conferma da un esame della questione dal punto di veduta meccanico. Se il moto diurno si attribuisce alle stelle, ogni stella E, E′ E″ (*Fig.* 6.), descriverebbe uniformemente un circolo situato in un piano perpendicolare alla linea dei poli T P, ed i centri di questi circoli si troverebbero nei punti C, C′, C″, delle perpendicolari abbassate dalle stelle su questa linea, vale a dire in punti lontanissimi dalla terra T. Ma le più semplici nozioni di meccanica c'insegnano che, affinchè un corpo qualunque descriva con moto uniforme un circolo, è mestieri che il corpo stesso sia attratto da una forza costante,

la cui energia dipende o dalla velocità del corpo ed insieme dal raggio del circolo ch' esso descrive. Da questo principio consegue che le stelle E, E', E'' non potrebbero muoversi sopra i circoli, dei quali abbiamo parlato, se non fossero attratte verso i punti C, C' e C'', posti sulla linea dei poli. Ora chi dice *forza di attrazione*, dice perciò stesso *esistenza di un corpo* da cui questa forza emana; nella natura non esiste un solo esempio di una forza che solleciti in una certa direzione un corpo, senza emanare da un altro corpo posto nella direzione medesima. Una stella E non potrebbe adunque essere attratta costantemente verso il centro C, se questo centro non fosse occupato da un corpo immobile, per determinare con la sua presenza siffatta attrazione. L' ipotesi adunque del moto delle stelle ci costringe ad ammettere un' altra ipotesi ancor più strana della prima; ci costringe cioè a supporre che, per determinare realmente il giro delle stelle intorno alla linea de' poli, fa d' uopo che altrettanti corpi fissi trovinsi lungo questa linea medesima, nei punti C, C', C'', in numero eguale a quello delle stelle. Ma questa idea, oltrecchè inconcepibile *a priori*, ci è dimostrata *a posteriori* assurda dalla osservazione, che non ci ha mai rivelato l' esistenza di questi corpi attraenti, e dobbiamo quindi rinunziare a considerare le stelle come realmente in moto intorno alla *linea de' poli*.

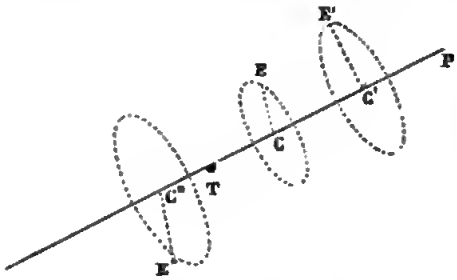


Fig. 6. — Impossibilità meccanica del reale moto diurno delle Stelle.

Ma la realtà del moto di rotazione della terra, già indirettamente provata da tanto considerazioni, vien renduta (dicevamo poc' anzi) palese ai sensi medesimi da una altrettanto semplice quanto bella od elegante esperienza.

Il *pendolo*, considerato nella sua massima semplicità, è uno strumento, composto di un grave sospeso ad un filo mobile attorno

ad un punto, per modo che lo si possa rimuovere dalla posizione sua verticale, portandolo a dritta od a sinistra, davanti od indietro, ed abbandonarlo quindi a sè medesimo. Posto così in movimento, il pendolo oscilla di qua e di là della verticale, e le sue prime oscillazioni hanno luogo nel piano, secondo il quale è stato prima rimosso dalla verticale medesima. Ma se queste oscillazioni continuano per un certo tempo, non tardasi a scorgere che il piano, giusta il quale si vanno operando, non è già più il piano primitivo, ma va, al contrario, spostandosi successivamente e sempre nella stessa direzione, in quella cioè da oriente verso ponente. L'onore di avere primi fatto regolari osservazioni sulle

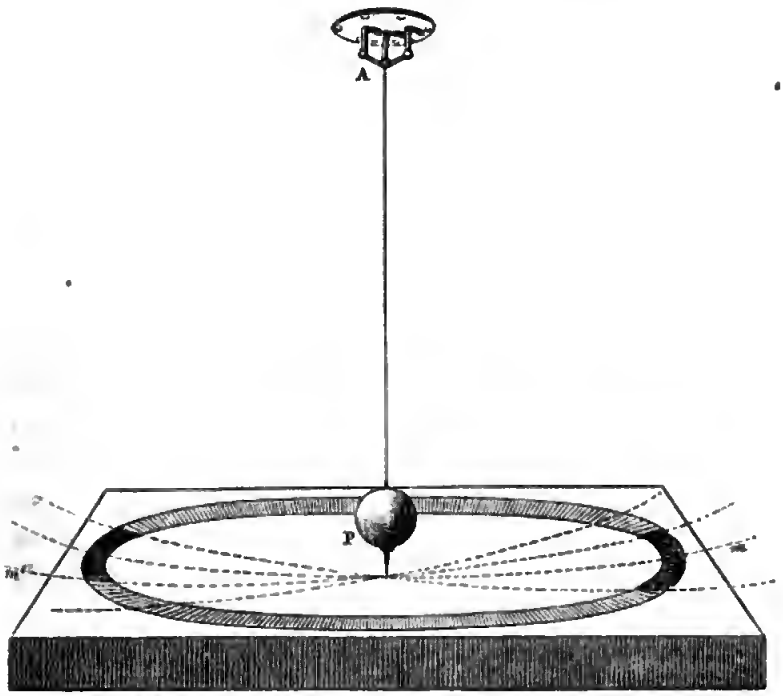


Fig. 7. — Dimostrazione sperimentale della rotazione terrestre.

variazioni del piano di oscillazione del pendolo, spetta agli Accademici del Cimento, e specialmente all' illustre Vincenzo Viviani.

Ma un vivente fisico francese, il Sig. Leone Foucault, ebbe il merito di avere, nel 1851, dimostrato esattamente che questo fenomeno non da altro dipende che dal moto di rotazione della terra.

L' esperienza del sig. Foucault consiste nell' incastrare un filo d' acciaio, con la superiore sua estremità, in una placca metallica A (*Fig.* 7.), fissata solidamente al soffitto di nn' alta sala. Questo filo sopporta alla sua estremità inferiore una palla di rame P, di un peso assai forte. Una punta sporge dal dissotto della palla. Si dispongono due piccoli monticelli di fina sabbia *m m'*, allungandoli ciascuno secondo una direzione perpendicolare al piano verticale, in cui si fanno cominciare le oscillazioni del pendolo. Occorre che questo parta per oscillare, senza avere assunto velocità iniziale. Ed, a tale effetto, lo si rimuove dalla posizione verticale, mantenendo prima la palla appesa con un filo di seta o con un crine ad un oggetto fisso laterale. Quando la palla è in riposo nella posizione particolare che per tal modo le fu data, si brucia il filo con un zolfanello. Il pendolo tosto si muove; la punta della palla imprime subito piccole striscie sui monticelli di sabbia, e la successione di queste striscie indica manifestamente una deviazione successiva nel piano delle oscillazioni da oriente verso occidente.

Il movimento che in guisa tale osservasi nel piano delle oscillazioni, non è che apparente; in realtà questo piano resta immobile, ed è la terra che gira al di sotto, da occidente verso oriente. — Egli è bensì vero che il punto di sospensione è connesso alla terra, e muove insieme a lei, ma la torsione che può risultarne sul filo, non esercita influenza sensibile sul complesso del pendolo.

La rotazione diurna della Terra, la quale si compie attorno all' asse ideale che passa pei due poli, è adunque la prima specie di movimento da cui il globo nostro è animato, ed è quel movimento altresì i cui effetti riescono più immediati e sensibili agli sguardi dell' uomo, determinando l' alterna vicenda dei giorni e delle notti. Questa rotazione si compie da ponente a levante,

cioè in direzione inversa al movimento apparente del sole e delle stelle, che sembrano spuntare in oriente e tramontare verso occidente. La rotazione, nulla ai poli, dove sono le estremità dell' asse ideale, deve essere tanto più veloce per una parte qualsiasi della superficie terrestre, quanto questa parte è più lontana dall' asse centrale. A Pietroburgo, sotto il 60° di latitudine, la rapidità della rotazione è di circa 14 chilometri al minuto; a Parigi è già di oltre a 18 chilometri; sull' equatore è di 28 chilometri, o, più esattamente, di 464 metri al minuto secondo, velocità quasi eguale a quella di una palla da cannone di 12 chilogrammi, lanciata dallo scoppio di 6 chilogrammi di polvere. È questo un punto ch' io li prego, o Signori, di tener ben fiso nella mente; chè ci servirà a spiegare molti fenomeni della Fisica del Globo, e segnatamente quelli dei Venti regolari, delle Correnti marine e della costante deviazione del corso dei più grandi fiumi della Terra.

Mercè del suo moto di rotazione, la terra presenta alternamente al sole l' uno e l' altro de' suoi emisferi, per rigirarli poscia verso gli spazi, relativamente oscuri, dell' etere: d' onde la successione dei giorni e delle notti.

III.

Dimostrata così la verità del moto di rotazione della terra, e spiegati per cotal modo i fenomeni del moto diurno apparente delle stelle, volgiamoci ora a considerare un altr' ordine di fatti non meno degni che i precedenti di tutta la nostra attenzione.

Se noi ci facciamo ad osservare più giorni di seguito il sole, non tardiamo ad avvederci che, oltre al partecipare al moto diurno della sfera, oltre cioè all' essere trasportato insieme alle stelle dal moto apparente della vôlta celeste intorno all' asse del mondo, esso va soggetto ad un moto tutto suo proprio. Infatti, osservando per varii giorni consecutivi una medesima stella, sempre

da un luogo stesso della superficie terrestre, si vedrà questa stella levarsi costantemente da un identico punto dell' orizzonte; e se avremo, per avventura, notato un albero, un edificio od altro oggetto il quale, scorto dal luogo dell' osservazione, trovisi esattamente nella direzione del punto in cui la stella levavasi nel primo giorno, noi troveremo sempre corrispondere a quest' oggetto medesimo il sorgere dell' astro in tutti i giorni successivi. — Lo stesso però non accade del sole: questo si leva ora in un punto dell' orizzonte, ora in un altro; se in un giorno sorgeva nella direzione di un dato oggetto terrestre, il dì seguente si leverà alquanto da un lato di questa direzione, e poi, nei giorni che verranno, ancora più lungi. — Eguali differenze si riscontrano, confrontando il tramontare del sole col tramonto delle stelle. — Quando, del pari, una stella giunge al punto culminante della sua orbita e passa sul piano meridiano, la sua altezza sull' orizzonte è sempre uguale, qualunque sia il giorno in cui la si osserva. Ma ciò non avviene punto del sole, il quale in certe stagioni s' innalza sull' orizzonte molto più che in cert' altre.

Dopo tali ovvie osservazioni, è impossibile considerare il sole siccome fisso fra le stelle e moventesi ogni giorno in virtù soltanto del moto diurno della sfera celeste. Esso apparisce adunque animato da due distinti movimenti, dal primo dei quali è trasportato, in una colla sfera, nella sua rotazione intorno all' asse del mondo; mentre il secondo gli imprime una traslocazione sua propria sulla sfera celeste fra le varie stelle. Prendete (dice Arago a quelli che incontrassero qualche difficoltà a comprendere la coesistenza di questi due movimenti) un globo di legno o di cartone, e fatelo girare sopra due perni da oriente in occidente: esso vi rappresenterà il moto diurno della sfera; immaginate poi che una mosca, collocata presso all' equatore del vostro globo, si muova, mentr' esso gira così, ma in opposto senso, da ponente verso levante, ed avrete una immagine del moto proprio del sole. Nel suo passaggio al meridiano, il sole è sempre in ritardo di qualche tempo, a paragone dei punti ai quali corrispondeva preceden-

temente, appunto perchè, prendendo, in virtù del suo movimento individuale, posizioni di mano mano più orientali, l' intervallo di tempo compreso fra due passaggi successivi di quest' astro sul meridiano, deve essere maggiore dell' intervallo di tempo analogo, cui impiega una stella. In altri termini, il *giorno solare* non coincide esattamente col *giorno sidereo*, e il primo è alquanto più lungo del secondo. — Di tutti questi fenomeni avremo or ora piena spiegazione, premettendo però ancora alcune semplici nozioni di fatto e di nomenclatura.

Il gran circolo apparentemente descritto dal sole sulla sfera celeste, e da lui percorso in totalità nello spazio di 365 giorni $^1/_4$ circa, chiamasi l' *Eclittica*, perchè si è soltanto quando il sole, la terra e la luna trovansi contemporaneamente sul piano terminato da questo circolo, che accadono gli *Eclissi*. Il suo piano forma col piano dell' equatore un angolo di circa 23° 28'; e quest' angolo vien designato col nome di *obliquità dell' eclittica*.

L' eclittica A B C D (*Fig.* 8.) taglia l' equatore E E in due punti diametralmente opposti A, C, ai quali si dà il nome di *Equinozi*. Il punto A in cui il Sole traversa l'equatore, passando dall' emisfero australe nell' emisfero boreale, chiamasi l' *Equinozio di Primavera;* il punto opposto C, è l' *Equinozio d' Autunno*. I due punti B, D, posti nel mezzo di ciascuna semicirconferenza A B C, C D A, diconsi *Solstizi;* il punto B, che trovasi nell' emisfero boreale, è il *Solstizio d' Estate;* il secondo, D, nell' emisfero australe, è il *Solstizio d' Inverno*.

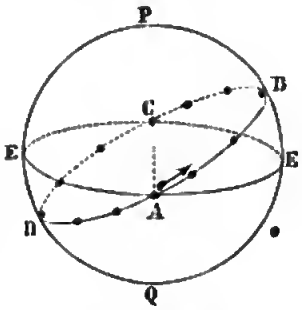


Fig. 8. — Eclittica.

Oltre a questi quattro punti, dai quali l' eclittica è divisa in quattro quarti di circolo, gli astronomi ne immaginarono altri che, coi primi, dividono il circolo intero in dodici parti eguali, come vedesi nella *Figura* 8. Questi dodici punti sono i *segni* del-

l'eclittica; ogni segno ha un'ampiezza di 30 gradi, ed ogni grado è percorso dal Sole nel tempo circa di un giorno; ognuna delle quattro parti dell'eclittica contiene tre segni. I segni ricevettero nomi particolari, secondo le costellazioni situate nella loro vicinanza. La zona della sfera celeste che comprende le dodici costellazioni corrispondenti ai dodici segni dell'eclittica, fu detta *Zodiaco*, da una parola greca che significa *Animale*, perchè di animali sono quasi tutte le figure di quegli asterismi. Ecco i nomi delle costellazioni e dei segni, incominciando dall'equinozio di primavera, e proseguendo nel senso del moto apparente del Sole, indicato dalla freccia nella figura: *Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine, Bilancia, Scorpione, Sagittario, Capricorno, Acquario, Pesci.* Per aiutare la memoria, questi nomi furono ridotti in due cattivi versi latini:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Allorchè il Sole passa nell'equinozio di primavera, dicesi che entra nel segno dell'Ariete; e quando, partendo da questo punto, ha descritto un arco di 30 gradi sull'eclittica, entra nel segno del Toro, e così via di seguito. — Ci riserbiamo ad aggiungere sovra di ciò un necessario schiarimento quando avremo pôrto spiegazione dei fenomeni accennati nelle pagine precedenti. — Or ecco siffatta spiegazione.

IV.

In quella guisa medesima che, dopo aver descritto il moto diurno delle stelle, abbiam domandato a noi stessi se questo moto non fosse per avventura una mera apparenza, dovuta al moto di rotazione della terra, così ora, del pari, veduto il movimento del Sole sull'eclittica, gioverà chiedere se anch'esso non sia una

semplice illusione, dovuta ad un altro moto della terra medesima, al suo moto di traslazione nello spazio. Essendo la terra (come vedemmo) un corpo isolato da ogni parte e potendo perciò essere animata da un moto qualunque nell'etere, è agevole il comprendere che, oltre al suo movimento di rotazione intorno a sè stessa, possa ella obbedire ancora ad un moto di traslazione, in virtù del quale il suo centro occupi successivamente posizioni diverse. Data la possibilità di questo secondo moto della terra, vediamo ora se il medesimo possa essere, come è, l'unica cagione del moto apparente annuo del Sole.

Ognuno intenderà facilmente come quest'ultimo moto possa a tutta prima spiegarsi egualmente sia considerando il Sole come immobile, sia riguardando la terra siccome moventesi intorno ad esso. Per fare un confronto con oggetti a noi famigliari, supponiamo di avere collocato un lume in mezzo ad una piazza, tutta circondata da case. Se noi ci mettiamo ad una delle estremità della piazza e giriamo da sinistra verso dritta, noteremo bentosto che il lume non corrisponderà più, alcuni istanti dopo, alle stesse finestre delle prospicienti case, alle quali corrispondeva in prima; ma starà invece di fronte a finestre poste alla destra delle prime; se continueremo a muoverci nello stesso senso, vedremo la luce centrale successivamente proiettarsi sopra altre finestre; e così di seguito, finchè, compito il giro della piazza, noi avremo scorto il lume corrispondere di mano in mano a tutte le circostanti finestre. Se, per ipotesi, ignorassimo che ci moviamo e che il lume sta fisso al suolo, saremmo naturalmente indotti a credere che il lume girasse tutt'all'intorno, vedendolo cambiare sempre di posizione rispetto ai diversi punti del contorno della piazza. — Sostituite ora al lume il Sole ed alle finestre le stelle, e vedrete che il ragionamento è identico. Ammettendo immobile il Sole, e la Terra moventesi intorno ad esso, noi, che ci troviamo sulla Terra e che, del suo movimento partecipi, non ce ne accorgiamo, veggendo il Sole successivamente nella direzione delle varie costellazioni, potremmo essere naturalmente tratti (come furono appunto i nostri

arcavoli) a stimare mobile il Sole ed immobile la Terra. Da ciò è manifesto che riesce altrettanto facile riguardare il moto del Sole come un' apparenza, dovuta al moto della Terra intorno a quell' astro, quanto il considerare quest' ultimo come realmente animato di proprio movimento. — Vediamo or dunque quale delle due ipotesi, egualmente legittime finora, abbia per sè il doppio suffragio della ragione e dell' osservazione, e quale dobbiamo, per conseguenza, abbracciare.

È provato dagli astronomi che il diametro del Sole è 112 volte maggiore di quello della Terra; il suo volume è 1,407,124

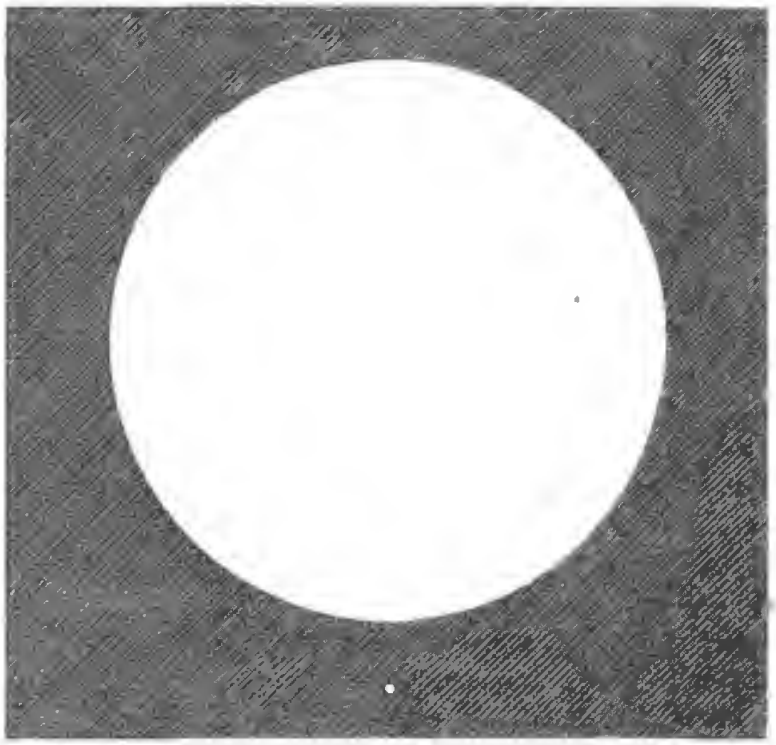


Fig. 9. — Grandezza comparativa del Sole e della Terra.

volte quello della Terra. Ci contenteremo di rendere sensibile la proporzione fra le dimensioni dei due corpi con la figura se-

guente, nella quale sotto il gran disco che rappresenta il Sole, trovasi un punto, pressochè impercettibile, che raffigura la Terra (*V. Fig.* 9.).

Si comprende all' istante che, se uno di questi due corpi si muove intorno all' altro, è infinitamente più probabile che sia il più piccolo, piuttostochè il più grande.

A questa considerazione di probabilità, desunta dalle rispettive grandezze della Terra e del Sole, si aggiungono, per dimostrare che è quella e non questo che si muove, altre più dirette ragioni.

Conviene qui ricordare l' ammirabile teoria dell' *attrazione o gravitazione universale*, in virtù della quale *tutti i corpi della natura si attirano reciprocamente in ragione diretta delle masse, ed in ragione inversa del quadrato delle distanze*. Questo principio, che è il fondamento di tutta l' astronomia, era stato intravedutо in Italia da Galileo e da Borelli, in Germania da Copernico e da Keplero, in Inghilterra da Gilbert, da F. Bacone e da Hooke, in Francia da Fermat e da Roberval; ma la gloria immortale di averlo saldamente stabilito e matematicamente dimostrato, spetta al sommo Isacco Newton, il quale nei suoi *Philosophiae naturalis principia mathematica*, lo espose e lo illustrò con tutte le sue mirabili conseguenze.

In virtù di questo principio, la Terra attrae tutti i corpi sui quali è dato all' uomo di fare dirette esperienze, determinando la loro caduta, quando sieno abbandonati a sè stessi. Per la stessa ragione, tutti i corpi terrestri si attirano scambievolmente fra loro, come dimostrò con una elegantissima esperienza un celebre fisico inglese, Cavendish, il cui strumento trovasi descritto in tutti i trattati di fisica.

Questa infallibil legge di natura si applica alle grandissime, come alle piccolissime masse. I corpi celesti si attirano reciprocamente, e la energia con la quale ciascuno di essi esercita sugli altri la propria forza di attrazione, è sempre in ragione diretta delle masse ed in ragione inversa dei quadrati delle distanze.

Or bene, è provato dagli astronomi che la massa del Sole supera quella della Terra nella ragione di 354,936 ad 1, il che vuol dire che si richiederebbero 354,936 globi eguali al globo terrestre, per far equilibrio alla massa solare. È evidente adunque che l'attrazione che il Sole esercita sulla Terra è immensamente più forte e più intensa di quella che la Terra esercita sul Sole. E si è appunto questa sterminata prevalenza di attrazione, che fa sì che la Terra giri intorno all'astro maggiore, come sarà facile dimostrare con un volgare esempio.

Quando da un cannone facciamo partire una palla, questa va un tratto assai lungo prima di cadere sulla Terra; ma la linea ch'essa percorre (la sua traiettoria) non è una retta, ma bensì una curva; perchè, durante tutto il suo tragitto, la palla è di continuo sollecitata dalla forza di attrazione, che tende a farla cadere, forza che è per un certo tempo (maggiore o minore, a seconda della velocità iniziale del proiettile) neutralizzata dalla velocità medesima, ma che finisce sempre per trionfare quando le resistenze e gli attriti che la palla incontra hanno spento la forza d'impulsione, ond'era animata. E allora la palla cade. Ma perchè la Terra, che è attirata dal Sole con una forza della stessa natura di quella che sollecita la bomba verso la terra, non va anch'essa a cadere nel Sole, come il proiettile cade sulla Terra?

La risposta a tal quesito sta appunto nel movimento della Terra. L'esperienza c'insegna che, se la palla da cannone cade sempre sulla Terra, il movimento della caduta è tanto più lontano, e tanto più lunga è la curva che il proiettile descrive, quanto è maggiore la velocità e la forza d'impulso con cui la palla è lanciata, e quanto altresì è più alto il luogo dal quale è partita. Di modo che, se immaginiamo un cannone posto ad immensa distanza dalla terra, e se supponiamo che da quel tubo venga lanciata una palla con una forza d'impulsione immensa, questo proiettile non cesserebbe per questo di essere sollecitato dalla forza d'attrazione esercitata sovra di lui dalla Terra, ma a questa

forza farebbe contrappeso la forza d'impulsione; talchè quel corpo, obbedendo insieme alle due forze, la *centripeta* o la *centrifuga*, girerebbe intorno alla Terra un certo numero di volte, prima di cadervi sopra. Esso però non potrebbe girare perpetuamente, per due ragioni: la prima, che la sua velocità, per quanto grandissima la vogliamo supporre, non potrebbe mai essere gran fatto maggiore (come provano molte esperienze, che qui non è il luogo di riferire) della ragione di 760 miglia all'ora; e la seconda, che la resistenza dell'aria od anche soltanto forse quella dell'etere la ritarderebbe a poco a poco; talchè l'attrazione la farebbe avvicinare gradatamente alla Terra, i giri andrebbero vieppiù ristringendosi, e finalmente la palla urterebbe il suolo. Ma queste due cagioni non esistono nel caso del moto della Terra intorno al Sole. La velocità della sua traslazione è di 30,400 metri al minuto secondo, epperciò la forza centrifuga che neutralizza la forza d'attrazione, per cui tenderebbe la Terra a cadere, è immensa. Negli spazi poi che la Terra percorre, essa non incontra la resistenza dell'atmosfera, e se incontra quella dell'etere, questa riesce quasi affatto insensibile a fronte della enorme velocità della terra; per cui, in virtù della legge d'inerzia propria di tutta la materia, deve quella seguitare a muoversi, cioè continuare a girare, sinchè una causa non sopraggiunga a por fino a queste rivoluzioni. Se la Terra non obbedisse che alla forza centripeta, l'attrazione del Sole la farebbe cadere sopra quest'astro in un periodo di tempo che è facilissimo il calcolare, tenuto conto delle masse e delle distanze dei due corpi. Reciprocamente, se la Terra non obbedisse che alla forza centrifuga, continuerebbe in linea retta il suo viaggio negli spazi infiniti. Dalla combinazione delle due forze nasce appunto il moto circolatorio di lei intorno al Sole.

Or, tutta questa magnifica teoria, e con lei tutto il sistema Newtoniano, col quale mirabilmente si spiegano tutti i fenomeni celesti, ed il quale è da tante prove e dirette e indirette dimostrato, cadrebbe o diventerebbe un'assurda chimera, e sarebbe affatto impossibile il darci ragione dei fenomeni anzidetti, qualora

si adottasse l'ipotesi del moto del Sole intorno alla Terra. Tutto invece si spiega ovviamente, supponendo centro immobile il Sole e la Terra girante intorno a lui.

V.

La rivoluzione annua che la Terra descrive attorno al Sole, si compie secondo una elissi, uno dei fuochi della quale è occupato dall'astro centrale, e la cui eccentricità è pressochè eguale a 17 millesimi del grande asse. La distanza che separa il Sole dal suo pianeta varia dunque costantemente, col variare dei punti dell'orbita che la Terra percorre. Al suo *Afelio*, vale a dire quando la Terra è *più lontana* (ciò che accade nel mese di Giugno), questa distanza è di circa 150 milioni di chilometri; all'epoca del *Perielio*, allorchè i due astri sono *più vicini* (cioè nel Dicembre), essa è approssimativamente di 145 milioni di chilometri. La distanza media è dagli astronomi valutata, dopo le correzioni di Enke, di Hansen, di Foucault e di Hind, a 147,800,000 chilometri; spazio che i raggi solari percorrono in 8 minuti e 16 secondi; il suono impiegherebbe 15 anni a traversarlo.

Può sembrare strano, a prima giunta, che la Terra sia più vicina al Sole nell'inverno, quando pur tuttavolta noi sentiamo il maggior freddo, e ne sia, invece, più lungi in estate, allorchè il caldo è maggiore. Ma cesserà ogni meraviglia, quando si rifletta che il grado di calore che un corpo riceve da un centro calorifico qualunque, non tanto dipende dalla prossimità del corpo a questo centro, quanto dalla direzione più o meno retta od obbliqua nella quale i raggi calorifici partiti dalla fonte di calore colpiscono il corpo che vi è soggetto. Or bene, i raggi che la terra riceve dal Sole a mezzodì sono in inverno molto più obbliqui di quelli ch'essa ne riceve in estate.

Nulla di più agevole infatti che spiegare le varie posizioni che assume la Terra dirimpetto al Sole nello spazio d'un anno, ed

il conseguente succedersi delle diverse stagioni. — Sia la Terra in una posizione qualunque T (*Fig.* 10.), ed abbia il suo asse di rotazione PQ diretto in modo da formare un angolo di 23° 28′ con la perpendicolare TK al piano dell' eclittica. Il piano del-

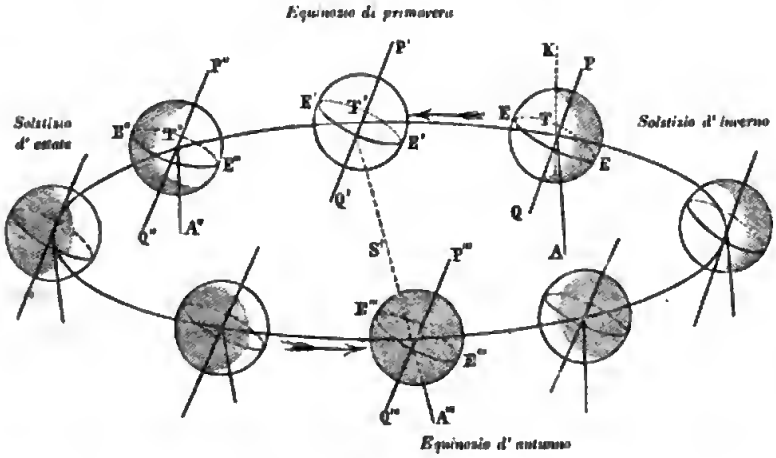


Fig. 10. — Stagioni.

l' equatore terrestre EE taglia il piano dell' eclittica secondo una retta TA, la quale è la linea degli equinozi. Nell' atto che il centro della Terra T percorre la curva T T′ T″ T‴, che nella figura vedesi obbliquamente, il suo asse PQ assume successivamente le posizioni T′A′, T″A″, T‴A‴ ecc.; senza cangiar mai di direzione, e restando ognora parallelo a sè stesso. In un dato istante della corsa della Terra, il Sole illumina e scalda la metà della superficie di lei rivolta dal lato suo, ed il moto di rotazione ch' essa ha sopra sè stessa comunica questa salutare influenza alla quasi totalità della superficie del globo. Ma l' obbliquità dell' asse PQ fa sì che uno dei poli sia rivolto verso il Sole, mentre l' altro trovasi rivolto al lato opposto a questo astro; quindi è che le regioni vicine al primo di questi poli rimangono nella parte illuminata dal Sole, e quelle prossime all' altro restano invece nelle tenebre. Allorchè la linea degli equinozi TA prende

la posizione SA', che passa pel centro del Sole S, avviene l'equinozio di primavera. Avendo poscia la Terra oltepassato questa posizione per andare in T'', il polo boreale P'' è rivolto verso il Sole, e riceve costantemente i raggi solari, finchè la Terra giunga in T''', in cui la linea degli equinozi T''' A''' trovasi rivolta verso il Sole, accadendo allora l'equinozio di autunno. Continuando la Terra la sua traslazione, il polo boreale cessa di essere illuminato, ed incomincia ad esserlo il polo australe, finchè la Terra faccia ritorno in T', cioè fino al cominciare della primavera successiva. — D'onde si scorge che la parte dell'emisfero boreale del nostro globo illuminata nello spazio d'un giorno, aumenta ognora più di estensione, a cominciare dall'equinozio di primavera fino al solstizio di estate, per diminuire poscia progressivamente, dal solstizio di estate fino all'equinozio di autunno; mentre circostanze inversamente analoghe accadono nell'emisfero australe della Terra.

Come l'immortale Keplero ha dimostrato nelle celebri sue *Leggi*, il pianeta si muove con una rapidità tanto maggiore quanto più si va accostando al sole, e ritarda il suo viaggio in proporzione del suo allontanamento dall'astro motore; ma la sua velocità media può essere estimata a circa 30 chilometri al secondo, ossia a 60 volte la corsa della palla al suo uscire dal cannone. Questa velocità, sulla quale non può arrestarsi il pensiero senza cagionare vertigine, si accoppia altresì, in ogni punto della terrestre superficie, al moto di rotazione che lo trascina attorno all'asse polare. Modificata da questo movimento, la linea descritta da un punto qualsiasi della superficie della Terra, diventa una spirale.

È tempo ora di dare la spiegazione, lasciata in sospeso poc'anzi, della differenza tra il giorno *sidereo* ed il giorno *solare*. — Dopo aver girato 366 volte sopra sè stesso, il pianeta ha compito la corsa di tutta la sua orbita, e ritrovasi, relativamente al sole, nella stessa posizione che occupava al punto di partenza. Durante questo spazio di tempo composto di 366 rivoluzioni terrestri, il sole non ha illuminato ciascun emisfero se non 365 volte. D'onde

ciò? Perchè mai un movimento completo di rotazione eseguito dal globo sul proprio asse non coincide esattamente col giorno solare? Ciò deriva dacchè, trasportata nella sua immensa orbita, la Terra cambia costantemente di posizione rispetto al sole. Relativamente alle stelle, le quali sono ad una distanza pressochè infinita dal nostro sistema, il pianeta resta, per così dire, allo stesso posto; e, per conseguenza, il giorno siderale (vale a dire l'intervallo che separa due passaggi di un medesimo astro al di sopra di uno stesso meridiano terrestre) offre esattamente la durata del moto di rotazione del nostro pianeta. Dopo ciascuna di queste rivoluzioni quotidiane, il globo presenta a quelle remotissime stelle la medesima porzione della sua superficie, e se la luce del sole di subito si estinguesse, e se una stella (quale Aldebaran, o Sirio) diventasse per noi il grande focolare di splendore e di vita, i nostri giorni avrebbero quind' innanzi esattamente la durata d' una rotazione terrestre, vale a dire circa 23 ore e 56 minuti. Ma il Sole non è a quella immensa distanza dalla Terra, è una stella relativamente a noi molto vicina. Mentre la Terra compie il suo movimento di rotazione sopra sè stessa, si va spostando di 2,581,000 chilometri nel percorrere un arco della sua orbita; il Sole per conseguenza, nel suo moto apparente, sembra ritrarsi di una eguale quantità, ed affinchè la Terra gli presenti esattamente la stessa parte della sua superficie che gli presentava al principio della sua rivoluzione, fa d' uopo che corra ancora 4 minuti di più.

All' indomani, un nuovo simile spostamento del pianeta aggiunge altri 4 minuti alla durata del giorno, e così di seguito sino alla fine dell' anno. Queste quotidiane addizioni di 4 minuti alla lunghezza dei giorni, formanti nel corso di un anno un totale di minuti eguale alla durata di un giorno di rotazione, fanno sì che il numero dei giorni solari dell' anno sia oltrepassato di una intera unità da quello dei giorni siderei; e che, per conseguenza, l' anno siderale sia di 366 giorni; e di 365 soltanto l' anno solare. Io tralascio qui, o Signori, le frazioni di cotesti numeri, non che

molte considerazioni sussidiarie, per non eccedere soverchiamente i limiti di questa mia sintetica esposizione della Geografia Astronomica, destinata (come sapete) non già ad un compiuto sviluppo delle teorie cosmografiche, ma bensì soltanto ad un richiamo di quelle leggi, delle quali dovremo spesso servirci nelle successive nostre elucubrazioni.

VI.

Per dare con tutta la massima semplicità la spiegazione della legge, giusta la quale succedonsi sul nostro globo le stagioni, abbiamo supposto poc' anzi che, mentre la terra muovesi intorno al sole, il suo asse di rotazione si traslochi rimanendo sempre parallelo a sè stesso. — Ma ciò non è rigorosamente vero. — Sta in fatti bensì che l' asse di rotazione della terra conserva sensibilmente la direzione stessa nello spazio, per tutto il corso di un medesimo anno; ma se paragoniamo fra loro le posizioni da esso occupate in due epoche abbastanza lontane, non tardiamo ad avvederci che la sua direzione si è notevolmente cambiata.

Ciò dipende dalla forma sferoidale della terra, e dalla sua posizione rispetto al piano dell' eclittica. — Infatti quando uno sferoide è attratto da un altro corpo, gravita bensì verso quest' ultimo; ma, siccome la forza varia inversamente al quadrato della distanza, e siccome all' equatore dello sferoide la distanza è minore, così l' attrazione tende a dare allo sferoide stesso un movimento sul suo centro di gravità, a meno che il corpo attraente sia situato nella prolungazione di uno degli assi dello attratto sferoide. Ma il piano dell' equatore è inclinato sul piano dell' eclittica ad un angolo di 23° 27′ 28″ 29. Per conseguenza, e per la schiacciata figura della terra, il sole e la luna, operando obliquamente ed inegualmente sulle differenti parti dello sferoide terrestre, fanno deviare il piano dell' equatore dalla propria direzione, sforzandolo a muoversi da oriente a occidente, cosicchè i

punti equinoziali hanno un leggiero movimento retrogrado sul piano dell' eclittica di 50″ 41 annualmente. La diretta tendenza di questa azione sarebbe di far coincidere i piani dell' equatore e dell' eclittica; ma essa è controbilanciata dalla tendenza della terra a ritornare alla sua normale rotazione sul diametro polare, che è uno de' suoi principali assi di rotazione. Per guisachè l' inclinazione de' due piani resta costante, come avviene di una trottola, la quale, tuttochè girante, conserva la stessa inclinazione al piano dell' orizzonte. Se la terra fosse perfettamente sferica, un tale effetto non accadrebbe, e gli equinozi corrisponderebbero sempre quasi agli stessi punti dell' eclittica. Ma vi è ancora un' altra cagione che opera, ed in un senso del tutto differente, su questo movimento. L' azione attrattiva dei pianeti reciprocamente e del sole cagiona una lieve variazione nella posizione del piano dell' eclittica che influisce sull' inclinazione della stessa relativamente al piano dell' equatore, e dà ai punti equinoziali un tenue ma diretto movimento sull' eclittica di 0″ 31 annualmente, che è interamente indipendente dalla figura della terra, e che sarebbe lo stesso se anco la terra fosse sfera perfetta. Per la qual cosa, il sole o la luna, muovendo il piano dell' equatore, obbligano i punti equinoziali a retromuoversi sull' eclittica; ed i pianeti, muovendo il piano dell' eclittica, danno ai punti medesimi un opposto movimento diretto, benchè molto meno rapido del precedente. D' onde risulta che la linea, giusta la quale l' eclittica taglia l' equatore, cambia tutti gli anni di 53″ 3, mercè di un movimento che chiamasi la *Precessione degli equinozi*. In virtù della precessione, l' equinozio ha luogo successivamente in tutti i punti dell' equatore, in un periodo di circa 25,765 anni.

Per dare una idea sensibile del modo col quale si opera questo progressivo cambiamento nella direzione della linea della traslazione della terra, sogliono gli astronomi (come accennammo poc' anzi) prendere a similitudine del moto della terra il moto di una trottola.

L' asse di figura della trottola AB (*Fig.* 11.) assume spesso una posizione obbliqua, rispetto alla verticale, che passa pel suo punto d' appoggio A sul suolo; ed allora, nel mentre stesso che la trottola gira intorno a quest' asse, esso pure si muove girando intorno alla verticale, ma conservando sempre la stessa sua obbliqua direzione: per cotal guisa l' asse della trottola descrive il cono BAB'. Identiche sono le condizioni nelle quali si opera la rotazione della terra intorno al proprio centro: nell' atto che il globo gira intorno al suo asse, questo, che è inclinato di 23° 28' sulla perpendicolare al piano dell' eclittica, descrive un cono intorno a questa perpendicolare, assumendo così successivamente varie posizioni nello spazio.

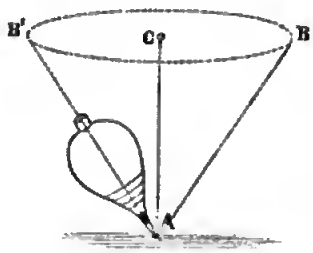


Fig. 11. — Dimostrazione della precessione ecc.

Questo movimento introduce una maggiore complicazione nella legge, giusta la quale si succedono le stagioni. Se la linea degli equinozi rimanesse sempre parallela a sè stessa, la primavera dell' anno venturo comincierebbe esattamente quando la terra, dopo compiuto il giro dell' eclittica, si trovasse precisamente al punto in cui era quest' anno al 21 di marzo. Ma ciò non avviene: il cangiamento continuo di direzione dell' asse della terra, onde abbiamo parlato, fa sì che l' epoca in cui giunge l' equinozio di primavera, *preceda* tutti gli anni di una certa quantità quella in cui esso sarebbe giunto se quel cangiamento non esistesse; di qui appunto la denominazione di *precessione*, data a questo importantissimo fenomeno.

Le conseguenze di questo fenomeno medesimo sui moti apparenti del cielo, dei quali abbiamo ragionato precedentemente, sono di per sè manifeste. La precessione degli equinozi fa sì che il polo non occupi costantemente lo stesso identico posto nella vôlta stellata. L' astro brillante che nomiamo oggi Polare, era, molti secoli addietro, lontano assai dal polo, e fra alcuni secoli

se ne troverà lungi di nuovo. La denominazione di stella polare fu e sarà data successivamente a parecchie stelle molto diverse e remote fra loro, quali sono δ del Cigno, α della Lira, t d'Ercole, α del Dragone, ecc.

Ad Ipparco è dovuta la scoperta della precessione degli equinozi, per cagion della quale l'equinozio di primavera, che, a' tempi di quell' immortale astronomo, avveniva nella costellazione dell' Ariete, ha luogo oggidì in quella de' Pesci. Tuttavia nelle nostre tavole astronomiche e nei nostri Calendari sta scritto che il 21 di marzo, data dell' equinozio, *il sole entra in Ariete*, il che sarebbe inesatto se non vi fosse una differenza tra le *Costellazioni* ed i *Segni* di eguale denominazione. Infatti le dodici costellazioni zodiacali, delle quali abbiamo parlato più sopra, furono dagli Antichi considerate come le *case* successive del sole nella sua annuale rivoluzione. Ma queste costellazioni non hanno tutte una eguale estensione; ed inoltre fra due costellazioni vicine sonvi spesso spazi con o senza stelle, che non appartengono propriamente ad alcuna delle costellazioni contigue, stelle che perciò appunto gli Antichi appellavano *informi*. Ma cotesta maniera di dividere l' eclittica poteva bensì convenire ad un' astronomia imperfetta; ora divenuta invece insufficiente ad una scienza più matura. Questa ripartì l'elissi ossia i 360 gradi che il sole apparentemente percorre in un anno, in dodici spazi, lunghi ciascuno 30 gradi, e questi furono appunto detti segni. Il primo segno ebbe la sua origine all' equinozio di primavera; e siccome, al tempo d'Ipparco, questa stagione cominciava nell' istante in cui il sole penetrava nella costellazione dell' Ariete, così il primo segno fu denominato *Segno dell' Ariete;* il secondo, ossia i 30 gradi seguenti, ebbe il nome di *Segno del Toro,* e via di seguito. D' onde si scorge come, per evitare gli equivoci e le confusioni, sia necessario di ben distinguere la parola *costellazione* dalla parola *segno.*

Accanto alla precessione degli equinozii, della quale abbiamo sin qui ragionato, collocasi un altro fenomeno che con essa concorre a modificare i movimenti della terra e le apparenze della

celeste sfera. Vogliamo accennare alla *Nutazione* (così chiamata dal latino *nutatio*, bilanciamento, barcollamento), la quale consiste in un piccolo movimento che osservasi nell' asse terrestre, in virtù del quale questo asse inclinasi ad ora ad ora più o meno verso l' eclittica. Esso pure dipende dalla figura del nostro pianeta, che non è esattamente sferica, e su cui l' azione attrattiva del sole e della luna è alquanto differente a seconda delle posizioni, nelle quali questi due astri si trovano rispetto alla terra. La forza di questa azione attrattiva non passando allora esattamente pel centro di gravità della terra, produce nell' asse del nostro globo un lieve movimento di rotazione sopra sè stesso, che fu per la prima volta osservato da Bradley. — A noi basta lo aver accennato questo fenomeno, che complica alquanto i calcoli degli astronomi, ma che non esercita sensibile influenza sui teoremi della scienza geografica.

La Terra adunque, o Signori, che gli Antichi credevano immobile, non solo si muove invece senza riposo, ma, trasportata nel turbine della vita universale, si muove non in una sola e semplice direzione, bensì descrivendo nell' etere infinito una serie di così complicate spirali elittiche, che gli astronomi non hanno potuto ancora tutte calcolarne, nel loro beninsieme, le curve intricatamente diverse. — Moto di rotazione sul proprio asse; — moto di rivoluzione intorno al sole; — moto di traslazione di cielo in cielo, in compagnia dell' astro centrale e di tutto il sistema, di cui essa è minima parte; — moto di bilanciamento sul proprio asse; — moto di deviazione dalla sua elissi, ogni volta che incontra e saluta sul suo passaggio gli altri corpi planetari; tali sono le svariate maniere di movimento, alle quali il nostro globo obbedisce. È probabile ch' esso non passi giammai due volte nelle stesse regioni dell' etere; eppure (bene osserva nella sua splendida monografia *La Terre* il Sig. Eliseo Reclus) se il globo dovesse percorrere di bel nuovo la spirale di varie elissi ch' esso ha già prima percorsa, ciò sarebbe dopo un ciclo di tante miriadi di anni, che esso medesimo sarebbe completa-

Digitized by Google

mente trasformato, nè più sarebbe lo stesso astro. — La natura, immobile nelle sue leggi, ma eternamente mutevole nei suoi fenomeni, non si ripete giammai.

E qui pongo termine, Signori, al compendioso ma fedele riassunto, che in questa e nella precedente lezione io ebbi in animo di presentarvi, di quella parte della Geografia Matematica ed Astronomica, la quale alla figura ed ai movimenti della Terra si riferisce, ed i cui principii mi occorrerà di richiamare più volte al vostro ricordo, nel porgere spiegazione di un gran numero di teorie che dobbiamo insieme studiare.

Possiamo ora cominciare l'esposizione della Fisica del Globo propriamente detta.

Digitized by Google

LEZIONE VII.

Prime Età e Formazione della Terra

—

SOMMARIO.

La Terra chiamata a raccontare la sua propria istoria. — Due grandi Sistemi Geologici. — Sistema delle Rivoluzioni del globo. — Formazione del sistema planetario, e della Terra in particolare, secondo le idee di Laplace. — Teorie geologiche di Elia di Beaumont. — L'Epoca Primitiva. — L'Epoca di Transizione: periodi Silurio, Devonico, Carbonifero, Permico. — L'Epoca Secondaria: periodi Triasico, Giurese, Cretaceo. — L'Epoca Terziaria: Eocene, Miocene, Pliocene. — I climi terrestri. — L'Epoca Quaternaria: periodo Diluviale e Glaciale. — Riassunto dei principii fondamentali della teoria delle Rivoluzioni del Globo.

I.

Signori,

Determinata, nelle precedenti nostre lezioni, la figura geometrica della Terra, trovate le sue dimensioni, assegnate le leggi de' suoi complicati movimenti, gioverà che di presente noi volgiamo la nostra attenzione alla storia della sua geologica formazione. Imperocchè il globo che noi abitiamo e che all'antico filosofo era sembrato un incoerente, informe ammasso di roccie e di terreni, senza regola di nesso e di successione, si è rivelato invece al moderno geologo un ordinato libro, ogni pagina del quale narra la storia delle

Digitized by Google

remote età, durante le quali quelle roccie vennero formandosi e quei terreni deponendosi, quando sotto l' azione del fuoco, quando sotto quella dell' acqua. — È naturale quindi che, prima di entrare nella esposizione dei fatti che costituiscono il dominio della Geografia fisica propriamente detta, noi indirizziamo a noi stessi la domanda: *quali leggi hanno presieduto alla composizione ed alla varia distribuzione dei materiali onde consta il terrestre pianeta?*

A tale domanda la scienza moderna ha successivamente dato due ben diverse risposte, costituenti altrettante scuole, altrettante teorie: la teoria che fu chiamata delle violente *Rivoluzioni del Globo,* cioè dei subiti cataclismi e delle conflagrazioni repentine interpolate da lunghi riposi, teoria professata da immortali ingegni, come quelli di Laplace, di Cuvier, di Humboldt, di Leopoldo De Buch e di Elia di Beaumont; e la teoria delle lente e graduali *Evoluzioni* o delle *Cause attuali,* propugnata da intelletti non meno possenti, fra i quali primeggiano oggidì quelli degli Inglesi Carlo Lyell e Carlo Darwin. — Piacciavi adunque, o Signori, ch' io procuri di esporvi ordinatamente un fedele riassunto di entrambi questi sistemi e di addurvi poscia le ragioni per le quali io, ammirando bensì la sapienza degli autori del primo, preferisco però di attenermi al secondo, siccome quello che mi sembra fondato sopra assai più evidenti riprove e sopra una più razionale filosofia.

Cominciamo quest' oggi dal sistema (che chiamar possiamo *francese)* delle Rivoluzioni del globo; — e se esso ci apparirà per avventura non meno ardito nella sostanza nè meno immaginoso nella forma, che le mitiche teogonie e cosmogonie dell' antichissimo Oriente, il merito o la colpa (che voglia chiamarsi) non vorrà certo ascriversi al modesto espositore, ma sì agli illustri autori, dei quali egli avrà cercato di riferire fedelmente i concetti.

Digitized by Google

II.

Nell' ordine interminato dei tempi (dice il Laplace, sviluppando una idea emessa fin dal 1755 dal filosofo Emanuele Kant, e ripresa poi dall' astronomo Guglielmo Herschel), fu già un periodo, durante il quale una massa ignea, vaporosa, incandescente, destinata ad essere poi il nostro sole, circolava negli spazi senza confine, sotto l' eterno impero della forza di universale gravitazione esercitata su lei da altri corpi celesti. — Il rapidissimo e violento moto rotatorio da cui quella massa era animata, imprimeva alle molecole ond' era composta una potente tendenza centrifuga, sotto l' azione della quale dai punti della superficie più lontani dal centro, si staccavano ad ora ad ora vasti anelli di materia infocata, lanciati così nello spazio, come avviene dei fiocchi di spuma che il vento della tempesta rapisce alle creste dei marosi. Questi anelli di materia cosmica, separati dalla mole solare, avrebbero continuato in eterno, nel senso della tangente all' orbita dell' astro centrale, il loro viaggio nell' infinito, se la forza attrattiva del sole, facendo equilibrio alla forza impulsiva con la quale se ne erano dipartiti, non li avesse costretti ad assumere un moto circolare di traslazione attorno al sole medesimo.

Siccome però le regioni del firmamento nelle quali questo moto si effettuava, sono freddissime, e, giusta i calcoli dei fisici, non possono avere che una temperatura inferiore a 140 gradi al di sotto del punto del ghiaccio fondente, così avveniva che gli anelli rotanti di materia solare, al contatto con quelle gelide plaghe, andassero man mano spogliandosi del nativo calore, e, per conseguenza, contraendo la loro massa in volumi gradatamente minori.

In questo lavorio di contrazione e di ristringimento, dovettero accadere frequenti spezzature nella non omogenea massa degli anelli. E i frantumi che ne risultavano, obbedendo alla forza di

attrazione, tendevano ad aggregarsi in moli più o meno grandi di materia ancora semifluida intorno ai più gagliardi centri di attrazione, assumendo a poco a poco la figura di sferoidi di rivoluzione, giusta i principii geometrico-meccanici inseguati da Huygens e da Newton, e da noi esposti nella nostra 5.ª lezione.

Tale è la comune origine di tutti i pianeti e di tutti i corpi formanti il sistema solare, che sono vere emanazioni del gran corpo centrale, verso cui gravitano. — Lo stesso procedimento presiedette alla formazione dei satelliti, per rispetto ai pianeti maggiori. Soli nel cielo i pallidi anelli di Saturno ricordano oggi ancora la forma antica di tutte le sfere, cho la condensazione del sole e poscia quelle dei pianeti hanno lanciato negli spazi. Quelli anelli furono un giorno, che è passato, un semplice gonfiamento equatoriale del pianeta progenitore; un giorno, che ha da venire, saranno satelliti sferici, somiglianti alle otto lune che già rischiarano in oggi le brevi e belle notti di Saturno.

Fra i pianeti, la Terra, cedendo successivamente agli spazi percorsi una parte sempre maggiore del suo calore, a capo di un tempo, di cui sarebbe impossibile assegnare tampoco approssimativamente la durata, andò notevolmente contraendo il suo volume, sicchè da astro gazoso, quale era apprincipio, si converti in una liquida sfera o, più propriamente, in uno sferoide di rivoluzione; poichè le leggi della meccanica e le belle esperienze del Sig. Plateau non ci lasciano omai dubbio alcuno che un corpo liquido, rotante sul suo centro, devo necessariamente prendere la forma sferoidale compressa ai poli, rialzata all' equatore, precisamente la forma che abbiamo veduto possedere il nostro globo.

In seguito al graduale raffreddamento della massa terrestre, non tutte le sostanze gazose che la componevano, passavano però contemporaneamente e senza eccozione allo stato liquido; ma bensì soltanto vi passarono le più dense e quelle i cui atomi costitutivi erano dotati di una più energica forza di coezione. — Le altre, cioè le più leggiere e le più elastiche, conservarono il loro stato aeriforme, formando attorno allo sferoide una cupa atmo-

sfera, tutta impregnata di una massa enorme di vapore acqueo, e piena di cloruri metallici, di solfo, di solfuri, di silice, di allumina, di calce, e di altre sostanze che, pel grande calore che ancora durava, erano ridotte allo stato di vapore.

Però le ghiacciate regioni che il mobile sferoide, circondato del suo gazoso involucro, attraversava, lo andavano del continuo spogliando del suo nativo calore; e per questo progressivo non mai cessante raffreddamento, la superficie di esso prese una consistenza pastosa man mano più e più densa; fino a tanto che cominciarono a formarsi, qua e là, lame di più concreta sostanza; le quali ondeggiarono dapprima separate sulla semiliquida materia, e finirono poi per conglutinarsi e connettersi insieme, formando una superficie continua, presso a poco come accade oggidì nei ghiacci polari i quali, accostati gli uni agli altri dai mobili flutti, si saldano insieme e producono infine la vasta ed uniforme *banchisa*.

III.

Venne quindi un' epoca nella quale la sfera terrestre si coperse di una solida crosta, il cui odierno spessore è calcolato dai geologi, della scuola dei quali espongo ora principii, di circa 48 chilometri. Ora, siccome il raggio medio terrestre è 6336 chilometri, agevole è il concluderne che le parti attualmente consolidate del pianeta non rappresentano che una tenue frazione della totale sua massa. Se raffiguriamo la Terra in una palla della grossezza di un arancio, la sottile scorza di questo frutto rappresenterà assai esattamente lo spessore della crosta solida che copre il nostro globo.

Se taluno chiedesse in qual modo i geologi, dei quali riferisco le idee, abbiano potuto esser condotti ad affermare che così tenue ed esile è il solido involucro terrestre, e che negli interni abissi non v' ha materia che dal calor centrale ridotta non sia allo stato fluido ed aeriforme, risponderei che tutte le osserva-

zioni ed esperienze state fatte sulla temperatura delle miniere e dei pozzi artesiani hanno costantemente dimostrato che il grado di calore cresce con la profondità; che tutte queste esperienze ed osservazioni hanno indotto i geologi ad affermare che nell' interno del globo la temperatura si aumenta di 1 grado ad ogni discesa di 25 a 30 metri; che, per conseguenza, devesi trovare bollente l' acqua a 3,200 metri al disotto della superficie; che, giusta i calcoli di Studer (*Physicalische Geographie*), a 48,000 metri nessuna sostanza conosciuta può conservarsi allo stato solido; e che al centro della terra la temperatura deve essere di 195,000 gradi. Rammenterò a' miei uditori che io qui mi limito a riferir le idee di questa scuola geologica; mi riservo, nel Corso di queste lezioni, a sottoporle ad una critica disamina.

Ma la definitiva formazione di questa crosta non potè compiersi, senza subire molte successive vicende di alternate fratture e riconginnzioni delle sue parti. Era impossibile che resistesse intatta alle onde di quell' interno mare, le quali ad ora ad ora si alzavano e si abbassavano, sotto là doppia azione dell' elasticità dei gaz infiammanti e dell' attrazione del sole o della luna; attrazione che operava allora su quell' oceano di fuoco, mal difeso dalla sottile parete esteriore, come opera nell' epoca attuale sull' aperto oceano di acqua. — Indi spaventevoli conflagrazioni, rotture immense e profonde crepature, che davan passaggio ai flutti ardenti, per espandersi al di fuori e venire a sovraporre nuove materie successivamente consolidate ai più antichi strati della crosta terrestre. Da queste convulsioni tremende ebbero origine le prime catene di montagne, formate appunto dai torrenti di fluido granito emersi dall' interno del globo.

Questo continuava frattanto a raffreddarsi, e venne un istante in cui la temperatura sua e quella dell' atmosfera più non bastò a mantenere allo stato di vapori le enormi masse di acque in quell' atmosfera contenute. Quei vapori, condensandosi quindi e passando allo stato liquido, si precipitarono in pioggie d' acqua bollente sul suolo. Ma le prime acque che caddero così sulla infuo-

cata superficie della terra, non tardarono ad essere di nuovo convertite in vapori; i quali tornarono ad innalzarsi nell' aria, per ricadere altre fiate, dopo un successivo grado di raffreddamento, in mezzo allo scrosciar della folgore, prodotta dalle masse enormi di elettricità raccolte nell' atmosfera.

Quanto durasse quella suprema lotta degli elementi, quali peripezie accompagnassero quel titanico combattimento dell' acqua e del fuoco, è impossibile il dire; ma certo fu prodigiosamente lunga la sua durata poichè (secondo i calcoli del dottissimo Helmholtz), il solo intervallo durante il quale la temperatura della crosta terrestre sarebbesi abbassata da 2000 gradi a 200, deve estimarsi almeno a *tre milioni e mezzo di secoli*. Ma venne alfine il momento in cui, col raffreddarsi continuo del creato, l'acqua trionfò e piovendo a diluvi, coperse intera la superficie della terra.

Le pioggie d' acqua bollente che cadevano sulle montagne granitiche, e i torrenti che precipitavansi furiosi lungo i loro clivi e le loro pendici e nelle ime valli, disaggregavano il feldspato e la mica, componenti la roccia granitica primitiva: ed i loro detriti, depositandosi, formarono a poco a poco immensi banchi e cumuli d' argille e di sabbie che furono i primi stratificati terreni. Al contatto della superficie, ancora caldissima, del suolo, una parte di queste argille subiva una incipiente fusione che, cristallizzandole, e metamorfosandole, produsse quelli schisti i quali riposano immediatamente sulle rocce di origine ignea.

IV.

A queste prime convulsioni (durante le quali la solida crosta, non contraendosi uniformemente, spaccavasi da quando a quando in larghe fessure, dando passaggio a sempre nuovi flussi di granito, di sali minerali, di bicarbonati di calce e di magnesia) succedette una fase meno tempestosa, chiamata dai geologi *Epoca di transizione*.

Essa comprende quattro successivi periodi: 1.° il *Silurio*, così denominato la prima volta da Sir Roderico Murchison, perchè i terreni che lo compongono furono da lui trovati in abbondanza nella contea dello Shropshire, abitata anticamente dai Celti *Siluri;* 2.° il *Devonico*, che prende il nome dalla contea del *Devonshire*, ove furono la prima volta caratterizzate le rocce di questa formazione; 3.° il *Carbonifero*, durante il quale si accumulavano i profondi letti di *Carbone* fossile, che lo costituiscono; 4.° il *Pernico*, che deve la sua appellazione alla provincia russa di *Perm*, ove predominano i terreni che gli appartengono.

Durante il primo periodo, da vasti e profondi mari emergevano qua e là isole e scogli, coperti da semplici alghe e da altre piante crittogamiche e frequentati da piccoli molluschi e da animaletti articolati. È in quei terreni, è in quella pallida aurora della vita, che nacque l' *Eozoon canadense*, specie di foraminifero, ed il trilobita di Braintree (*Paradoxides Harlani*), il quale disputa all' Eozoon l' onore di essere stato l' Adamo di tutta la terrestre fauna. Erano i primi ed incerti tentativi di una ancora timida vita, fomentata fiocamente da un pallido sole, i cui raggi penetravano a stento la densa e fitta atmosfera. I resti fossili di quelle imperfette, rudimentarie organizzazioni, si raccolgono in molti terreni di quella formazione, segnatamente in Inghilterra, in Ispagna, in Boemia, in Svezia, in Russia.

Ma in quel periodo, tranne piccolissimi tratti di asciutta terra, i mari la occupavano ancora pressochè tutta intera, coprendo la massima parte dell' Europa e delle due Americhe. In Europa, tutto lo spazio che giace dalla Spagna fino ai monti Urali, era sotto le acque, a settentrione delle quali però erano emerse la Svezia, la Norvegia e la Laponia russa, le più antiche contrade del nostro continente.

Il lento lavorio del deposito di nuovi terreni, del prosciugamento dei mari e della emersione di nuove roccie determinò la formazione del periodo *Devoniano* o *Devonico*; durante il quale le isole, fatte più vaste, si arricchirono di alcune specie vegetali

ed animali, fornite di una organizzazione alquanto più complicata di quella delle specie appartenenti al periodo silurio. Ai semplici animali articolati, ai crostacei, ai molluschi, si aggiunsero i pesci, e sulla rosso-cupa arenaria e sui conglomerati calcari, si alzarono varie nuove famiglie di grossi funghi e di altre crittogame.

Durante il lungo riposo che regnò dopo che i terreni Devonici si furono depositati, il caldo, umido ed equabile clima, e l'aere ricco di carbonio ammantarono a poco a poco le terre oceaniche con immense foreste tropicali, più fitte e più impenetrabili assai di quello che coprono oggidì i monti e le valli della Guiana e del Brasile. Ma frequenti invasioni di acque o sprofondamenti del suolo coprirono poi quelle selve, i cui avanzi formano i terreni del terzo periodo, detto perciò *Carbonifero.* — Più di trecento diverse specie di piante furono raccolte in quei profondi letti della morta vegetazione, ove dormono giganteschi pini ed abeti, ed araucarie e felci arboree, le cui reliquie, più utili assai al genere umano dell' oro e dell' argento, forniscono alle locomotive, alle officine ed al domestico focolare l' esca avvivatrice. — Un rettile anfibio, chiamato *Archegosauro*, e varie specie di testacei marini, di grandi conchiglie, di crinoidee, sono i rappresentanti della vita animale in questo periodo.

Continuando la terra a raffreddarsi, si aporsero nuove fratture, dalle cui spalancate bocche le sotterranee materie semiliquide lentamente emersero a formare cupole di *porfido*, roccia che in questo specialmente differisce dal granito, che le materie le quali la compongono (il quarzo, il feldspato e la mica) sono immerse in una sostanza non cristallina ma silicosa. — È questo il fenomeno che costituisce il quarto ed ultimo periodo dell'epoca di transizione, il periodo *permico* o *peneo*, nel quale appariscono per la prima volta colossali lucertole e rettili somiglianti al cocodrillo, primi membri di una famiglia di *Sauri*, destinata a dominare, nell' epoca susseguente, la terra ed i mari per una lunga successione di secoli.

Digitized by Google

V.

E qui si schiude l'*Epoca secondaria*, cui i Geologi dividono in tre periodi 1.° il *Triasico*, così nomato dalle *tre specie* di rocce, che lo distinguono, il grés, il muschelkalk e la marna; 2.° il *Giurasico* o *Giurese*, prevalente in molte catene di montagne, e specialmente in quella del *Giura*; 3.° il *Cretaceo*, che toglie il nome dalle immense formazioni di *creta*.

La superficie del suolo durante il primo di questi periodi (il *Triasico*) si andò coprendo di marne rosse, di sali di rocca e di detriti di arenarie, formati dalla lenta decomposizione che l'aria e l'acqua aveano fatto subire agli schisti metamorfici ed al trappo di perfido contenente ossido di ferro, i cui depositi si erano accumulati nel periodo antecedente. Animali somiglianti alle rane, ma di enormi dimensioni, chiamati dai paleontologi *Labirinthodon* e *Cheiroterion*, misti a conchiglie e pesci innumerevoli, lasciarono traccie della loro presenza in questo periodo.

Ma l' acqua dei laghi marini, sovraccarica di carbonato di calce, andava intanto deponendo immensi strati di questa sostanza; e prosciugandosi, lasciava apparire vaste contrade, tutte formate di terreni calcari. I Pirenei, gli Appennini, il Balcano e sovratutti i monti del Giura (d' onde il nome di *Giurasico* dato a questo secondo periodo) ne sono composti, unitamente ad argille turchine ed a letti di bianco gesso. — L' oceano e la terra traboccavano allora di vita animale: oltre ad una meravigliosa folla di pesci, di belemniti, di ammoniti e di pentacriniti, appariscono allora i gigantesci Sauri, i veri e soli re del creato, dei quali ammiriamo nei Musei i resti fossili, che l' ignoranza dei nostri padri attribuì sovente ad una estinta popolazione di giganti. Cuvier ed i suoi discepoli hanno ricomposto quelle ossa, schierandoci dinnanzi le strane forme dell'*Ictiosauro platiodon*, lungo almeno dieci metri, con la testa della lucertola, i denti del coccodrillo, le ver-

tebre del pesce, le natatoie della balena; e quelle del *Plesiosauro macrocefalo,* che dalla testa alla estremità della coda misurava venti metri, col lunghissimo collo come di cigno; — e il *Pterodattilo,* fantastico mostro, col corpo di un rettile e le ali di un pipistrello. — Tutti questi viventi tripudiavano e combattevano sopra una terra, vestita di una densa vegetazione, simile a quella degli arcipelaghi intertropicali dei giorni presenti.

Sugli strati del calcare andavano intanto depositandosi le crete risultanti dal frantumarsi continuo dei coralli, delle conchiglie e delle sabbie ferruginose, e formando i terreni del periodo *Cretaceo.* Fino allora nel regno vegetale aveano quasi esclusivamente tenuto il campo le piante monocotiledoni: le dicotiledoni si moltiplicano in questo periodo, che è quasi il vestibolo della attuale vegetazione. — Ma la vita animale continua profondamente disforme da quella dei giorni nostri: la terra appartiene ancora ai rettili, il cui sibilo acuto e sinistro rompe solo i profondi silenzi dei monti e delle valli. — Solamente questi novelli Sauri sono alquanto perfezionati, a paragone di quelli degli antecedenti periodi, hanno più alte le zampe, non istrisciano più al suolo: è questo il solo progresso che sembra accostarli alla non ancora apparsa famiglia dei Mammiferi: tali sono il *Megalosauro,* l' *Iguanodonte,* il *Mosasauro,* lunghi da 20 a 24 metri.

VI.

Ma coll' *Epoca Terziaria* la vita del nostro globo entra in una fase recisamente distinta da quelle che l' aveano preceduta.

L' organizzazione animale assume allora forme più complicate ed una più perfetta economia, nelle nuove più complicate specie dei *Mammiferi.* — Lo spessore ognora crescente della solida crosta, opponendo un ostacolo all' azione del calore centrale, che nei periodi anteriori energico si faceva sentire alla superficie, cominciò quindi

allora a manifestarsi un fenomeno per lo innanzi ignoto: l'esistenza dei differenti *Climi*, determinati principalmente dalle varie latitudini. Nelle epoche antecedenti la superficie intera della terra aveva un grado di calore e di umidità press' a poco uniforme, per effetto della prevalente influenza della centrale fornace. Ma da quel dì, cessando quasi interamente quest' influenza, e sottentrando quella dipendente dai raggi solari, le diverse regioni furono più o meno calde, a seconda della posizione loro più o meno inclinata rispetto all' astro radiante.

Quest' epoca terziaria si suddivide in tre successivi periodi: *Eocene, Miocene, Pliocene,* — vocaboli di greca origine, e significanti, il primo, recente aurora, men recente il secondo, ed il terzo più recente.

Nel primo di essi, la terra ferma, col ritirarsi e l' evaporarsi nelle acque, si è ampliata. I fiumi, i torrenti, i laghi intersecano, svariano ed abbellano il paesaggio. Accanto alle querce, agli olmi, ai noci, agli abeti, si rizzano alti palmizi, oggi scomparsi, come le flabellarie e le palmaciti. Molluschi, insetti, pesci, rettili, uccelli e mammiferi formano una fauna più svariata, più complessa e più perfetta assai che nei cicli precedenti. Se i mostruosi Sauri sono divenuti più rari, abbondano però giganteschi pachidermi, non meno singolari per la mole colossale e per le formo oggi sparite; il grande *Paleoterio*, l'*Anoploterio*, il *Sifodonte*.

A questi quadrupedi, altri più svariati ancora vengono ad aggiungersi nel secondo periodo, nel *Miocene*, fra i quali il *Dinoterio* ed il *Mastodonte*, simili ma più grandi del nostro elefante, i cui resti si trovarono in sì gran copia sotto i ghiacci della Siberia, e nelle valli del nostro Piemonte e della Toscana.

Più numerosa ancora e più vicina all' attuale era la popolazione animale del terzo periodo di quell' epoca, del Pliocenico. L' *Equus curvidens* dell' America non differiva dall' attuale cavallo, più che non ne disti l' odierna Zebra; e i *Didelfi* dell' antica Australia erano marsupiali non differenti, se non per la mole, dal Kangurù della presente Nuova-Olanda. Giganti di quella età erano

il *Megaterio*, che si nutriva di radici vegetali, ed il *Sivaterio*, cervo della mole dell' elefante. — Su questi concetti, del resto, dovremo ritornare nella XXX^a nostra Lezione che alla Geografia Zoologica sarà destinata.

VII.

I climi intanto, per le già accennate cagioni, divenivano gradatamente più freddi. I vapori, condensandosi, determinavano pioggie diluviali. Vaste masse di mari erano spostate dall'emersione di nuove catene di montagne (fra le quali, ultima, la gigantesca Cordiglieria delle Ande), e rovesciate sui continenti vicini. Questi diluvi copersero, per un certo periodo, il suolo, con le furenti loro onde, mi te ai rottami dei devastati terreni.

Ciò diede origine all' *Epoca quaternaria*, il cui primo periodo ha perciò il nome di periodo *Diluviale*.

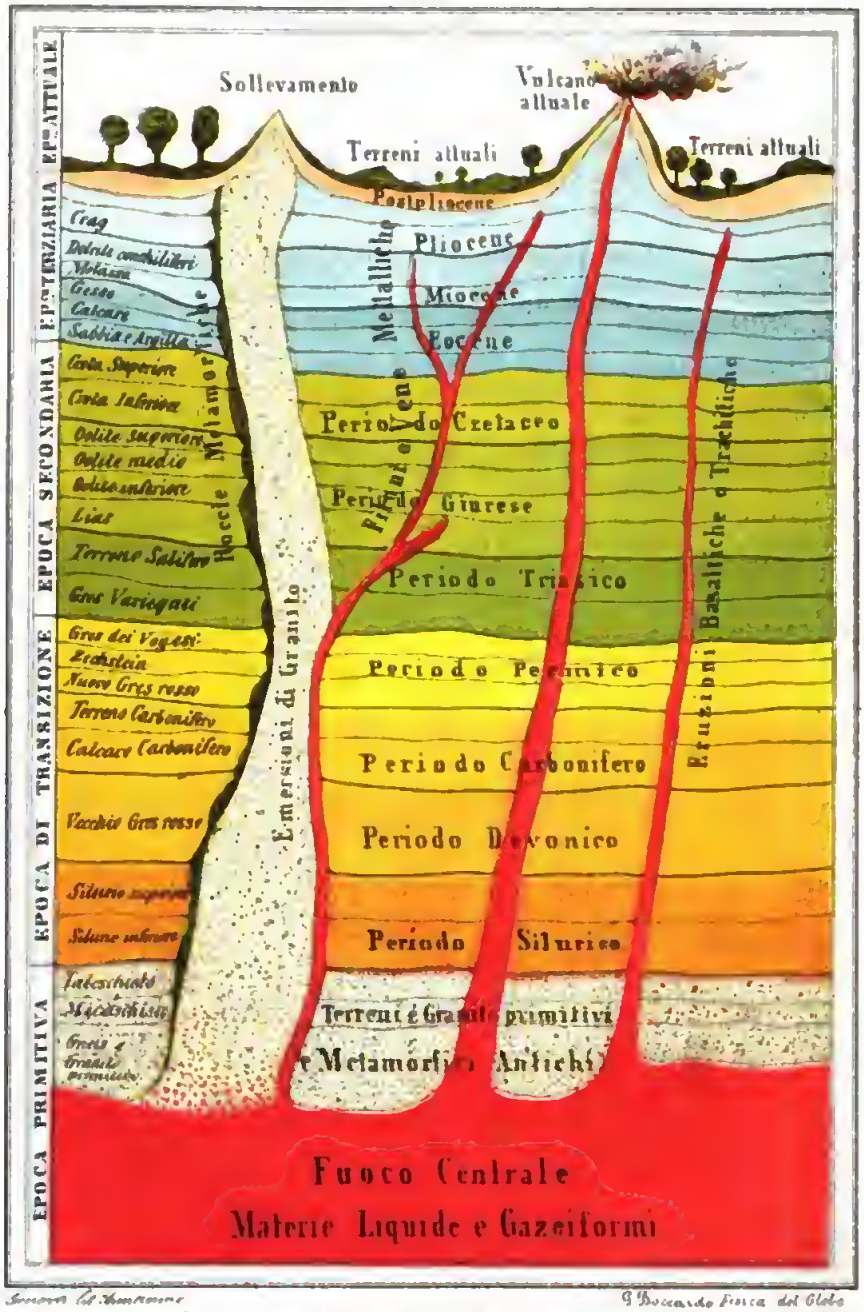
Succedette un periodo *Glaciale*, durante il quale non solo le pendici delle montagne, ma eziandio le valli e le pianure furono occupate da immensi ghiacciai, le cui morene e i ghiacci natanti portarono in lontane regioni quei blocchi erratici di roccie staccate da lontane montagne, che qua e là s' incontrano in siti remoti dalle catene originarie, dalle quali ebbero origine.

Le successive alluvioni e gli ultimi depositi formarono i terreni attuali, — sui quali era frattanto comparso il più perfetto degli esseri viventi, l' ultimo venuto della creazione, l' *Uomo*, il cui vero posto nella creazione noi cercheremo di determinare nella XXXI^a nostra Lezione.

VIII.

Tale è in riassunto, o Signori, la teoria delle *Rivoluzioni del globo*, la teoria alla quale Laplace, Cuvier e sovratutto Elia di Beaumont hanno raccomandato gli immortali loro nomi. — Pre-

Digitized by Google



Successione dei terreni eruttivi e sedimentari
Formazione delle Catene di Montagne, dei coni vulcanici ecc
secondo la teoria delle RIVOLUZIONI del GLOBO

Digitized by Google

Digitized by Google

scindendo ora dalle sue parti secondarie ed accessorie, possiamo raccogliere in alcune semplici proposizioni i principii fondamentali sui quali questa teoria riposa.

1.°) — In essa si suppone che nella storia della terra furono lunghi periodi di comparativo riposo, durante i quali il deposito di materia sedimentaria si andò effettuando con regolare continuità; e che furono altresì brevi periodi di parosisma e di violenza, durante i quali quella continuità rimase interrotta.

2.°) — Ad ognuno di questi periodi di violenza, ad ognuna di queste « *Rivoluzioni* », nello stato della terrestre superficie, un gran numero di catene di montagne si formarono subitamente, per repentina emersione, determinata sempre dal fuoco centrale.

3.°) — Ogni rivoluzione è contrassegnata dalla formazione di nuove, distinte specie di roccie e di terreni, ed altresì dall'apparizione di nuove e per lo innanzi sconosciute forme nella vita, così vegetale come animale.

4.°) — Vi fu una ricorrenza di questi convulsi movimenti, a cominciare dalle più remote età geologiche, e venendo sino all'epoca attuale; — ed essi possono riprodursi ancora; — ed il riposo nel quale viviamo, può essere rotto da nuovi subiti cataclismi, cui succedano novelli ordini di cose, e nuovi esseri più complicati e più perfetti degli attuali.

5.°) — L'origine comune di tutte queste rivoluzioni non dipende già da *parziali* azioni vulcaniche, da *lenti* sollevamenti o abbassamenti del suolo, o da *peculiari* movimenti dei mari, — ma bensì dall'esistenza di un *fuoco centrale*, da una parte, e dal continuo, costante *raffreddamento* della crosta di tutto intero il pianeta, dall'altra.

Sono questi i cinque fondamentali principii della scuola geologica, di cui ho tentato epilogarvi le idee; queste sono le chiavi maestre del sistema delle Rivoluzioni del Globo; e delle quali porge al occhio veggente una idea la annessa tavola, rappresentante una ideale sezione della Terra, in cui le varie epoche e i loro periodi e le differenti specie di rocce e di terreni trovansi raffigurate.

Digitized by Google

A questo sistema Carlo Lyell e Carlo Darwin ed una numerosa sequela di illustri discepoli di questi due grandi scienziati, ne contrappongono oggi un altro, ispirato a concetti profondamente diversi: — contrappongono cioè il sistema delle *lente* e *graduali Evoluzioni* o delle *Cause attuali,* alla esposizione del quale sarà appunto consacrata la mia ventura lezione.

Digitized by Google

LEZIONE VIII.

La Progressiva formazione del Globo

—

SOMMARIO.

Sistema delle Evoluzioni o delle Cause attuali. — Lazzaro Moro. — Lyell e Darwin. — Lenti sollevamenti ed abbassamenti del suolo. — La Scandinavia. — L'America meridionale. — La Cordigliera delle Ande. — Azione modificatrice delle acque. — Il Rodano. — Il Po. — Il Nilo. — Il Mississipì. — Il Gango ed il Bramaputra. — La vita animale. — La Vulcanicità. — Si risponde ad una grave obbiezione contro la teoria delle Cause attuali. — L'origine e la trasformazione delle Specie: esposizione del sistema Darwiniano. — Conclusione e rinvio ad altre parti del Corso.

I.

Signori,

In un'epoca in cui la scienza geologica giaceva ancora nell'infanzia ed in cui gli avanzi fossili e la stratificazione dei terreni e tutte le accidentalità della superficie terrestre spiegavansi unicamente col diluvio della narrazione mosaica, un naturalista e filosofo italiano, Lazzaro Moro, fecesi banditore della tesi, secondo la quale i grandi fenomeni avvenuti nelle remote età del nostro pianeta devono considerarsi non già siccome il portato di straordinari e miracolosi eventi, ma bensì come gli effetti di quelle medesime naturali e costanti cagioni, le quali operano ancora attual-

Digitized by Google

mente sulla faccia del globo. — La sua opera intitolata « *Sui Crostacei ed altri Corpi marini che si trovano sui monti* », pubblicata nell'anno 1740, contiene una elegante ed arguta esposizione di questa teoria. Una nuova isola di origine vulcanica era apparsa nel 1707 in mezzo alle acque di quel golfo di Santorino, che recentissimamente presentò nuovi singolarissimi fenomeni, e crescendo rapidamente in grandezza, avea raggiunto, in meno di un mese, venticinque piedi di altezza sul livello delle acque e più di mezzo miglio di circonferenza. Mettendo sagacemente in ridicolo le varie teorie allora in voga, finge il Moro l'improvviso arrivo nell'isola di una squadra di naturalisti, affatto ignari della sua recente apparizione. L'un d'essi addita immediatamente le conchiglie marine, ond'ella è tutta cosparsa, siccome una prova evidente ed incontrastabile del diluvio universale; un altro argomenta che quelli avanzi sieno un indizio del primitivo soggiorno del mare sulle vette dei monti; un terzo dichiara che sono semplici *giuochi di natura*, assai comodo mezzo invero e molto frequentemente adoperato da chi ignora e non vuol confessare la propria ignoranza; un quarto afferma che i molluschi erano nati entro antiche caverne, nelle quali l'acqua salsa era stata gettata, sotto forma di vapore, dalla violenta azione del sotterraneo calore. — Nessuno sospetta tampoco che l'isola, con tutte le sue svariate produzioni, sia stata formata da cause tuttogiorno operanti in quella vulcanica regione.

La dottrina, giusta la quale il mondo sarebbe in una continua, incessante via di formazione; la teoria, per cui le successive epoche, con caratteri così distinti indicate nella storia del nostro pianeta, non differirebbero punto dall'epoca attuale; la tesi, che spiega tutti i cambiamenti avvenuti nelle remote età geologiche, con l'azione delle forze ordinarie e consuete della natura, operanti in un tempo di lunghissima durata, fu, ai giorni nostri, rimessa in onore dal più insigne dei geologi viventi, da sir Carlo Lyell.

La scuola di Cuvier, di Humboldt, di De Buch e di Elia di Beaumont, scuola di cui vi ho esposto ieri la dottrina, rappre-

sentava la natnra siccome eccessivamente prodiga di violenza e parca di tempo. — La scuola di Lyell la considera invece siccome svolgentesi con una calma energia, serena e tranquilla, ma instancabile, in una serie infinita di età. I monumenti che ci presentano le catene dei monti e le rocce stratificate e i fondi dei mari, non appartengono già (per questa seconda scnola) ad un ordine di cose passato per sempre; non sono già i ruderi di un'epoca primeva, portanti inscritte, in ignoti caratteri, le parole e frasi morte di un morto linguaggio; ma sono libri dettati nel vivente idioma, che parla oggi ancora e parlerà in sempiterno il creato.

II.

Basta aprire con ingenua mano questo sublime e stupendo libro dell'Universo, ed interrogarlo senza preconcetti sistemi, per osservare dovunque l'irresistibile magisterio, col quale procede nelle sue perenni evoluzioni la sempre giovane Natnra.

Il naturalista Linneo e l'astronomo Celsio sono i primi che abbiano scoperto come la penisola Scandinavica si sollevi costantemente, per modo da innalzarsi circa un metro ad ogni secolo al di sopra del precedente livello. Lo stesso avviene in tutta la costa occidentale dell'America, ove si aderge la gran catena della Cordigliera; lo stesso di molti arcipelaghi dell'Oceano Pacifico, fra i quali segnatamente il Giappone, le Sandwich, le Marianne; mentre, per lo contrario, hannovi altre regioni, come la Groenlandia, come l'Australia, come la boreale parte dell'istmo di Suez, le Maldive, le Canarie, le isole del Capo Verde, la Georgia e la Carolina nell'America boreale, le orientali pianure Patagoniche nella australe, nelle quali immense snperficie di terreno vanno man mano abbassandosi; e può prevedersi il lontano giorno in cui interamente si trovino sprofondate nel mare, a meno che loro non accada come alle colonne del tempio di Serapide presso

Pozzuoli, o agli avanzi del tempio d'Ellora in India, di andar soggette cioè ad alterni innalzamenti ed abbassamenti del suolo.

Or bene — basterà moltiplicare per alcune migliaia di secoli la quantità dei movimenti così impressi dalle interne forze ad una vasta contrada, per aver spiegazione dei cambiamenti di livello da essa subiti, senza ricorrere all'intervento di un *Deus ex machina*, che per un monaco del medio evo era il miracolo di un santo, e per un geologo della scuola di Beaumont è un cataclisma ed una conflagrazione fatta venire a proposito.

Nè dicasi che non vi è razionale analogia nè sufficiente proporzione tra il lento sollevarsi di una costiera, come quella di Norvegia o del Chilì, e la maniera nella quale noi dobbiamo presumere che tutte le catene montane, coi loro inclinati strati, ebbero origine. Imperocchè da accuratissime osservazioni risulti che la Cordigliera delle Ande venne, secolo dopo secolo, innalzandosi nella ragione di parecchi piedi ogni cent'anni, nell'atto che la sottoposta pianura dei Pampas non si è sollevata nello stesso periodo che di pochi pollici. Traversando dall'Atlantico al Pacifico, una linea che passa per la città di Mendoza, il Signor Darwin percorse una pianura larga 800 miglia, la cui parte orientale è emersa dal mare in un molto recente periodo. La pendenza verso l'Atlantico è a principio assai mite, fino a che il viaggiatore riconosce, arrivando a Mendoza, ch'egli ha raggiunto, quasi insensibilmente un'altezza di 4000 piedi. Là comincia subitamente la regione montuosa, la cui larghezza, da Mendoza al Pacifico, è di 120 miglia, e l'altezza media della catena è da 15 a 16 mila piedi. Or bene, tutto ciò onde abbisogniamo, per ispiegare l'origine delle principali ineguaglianze di livello come sopra descritte, si è d'immaginare, dapprima, una zona di più energico movimento a ponente di Mendoza, e, secondariamente, a levante di questa città, una forza di sollevamento che andò gradatamente scemando, fino alle rive dell'Atlantico. In altri termini, a spiegare la Cordigliera, ci basta il supporre che la regione delle Ande siasi alzata quattro piedi, nello stesso periodo in cui i Pampas presso Men-

doza si alzavano un piede soltanto, e le pianure Atlanticho un pollice solamente. In Europa, la terra che avvicina il Capo Nord in Laponia si solleva (o l' osservaziono si prosegue già da oltre 200 anni) in ragione di 5 piedi ogni secolo, mentre più verso mezzogiorno i movimenti della terra scandinavica diminuiscono in quantità, dapprima riducendosi ad 1 piede, e poi, presso Stoccolma, a tre pollici per secolo, mentre ancora più a mezzodì cessa affatto ogni movimento.

Un' altra ingegnosissima osservazione del già citato Sig. Darwin vogliamo qui riferire. — Nel suo viaggio attraverso alla Cordigliera Chiliana, quel grande naturalista notò come tutte le valli di quella gigantesca catena siano caratterizzate dallo avere, sovra ambi i lati, una specie di orlo o di terrazza di sabbie e di ghiaie, rozzamente stratificato e generalmente di ragguardevole profondità. Questi orli evidentemente si estendevano una volta lungo tutta la valle, ed erano fra loro uniti; ed infatti i fondi delle valli del Chilì settentrionale, dove non iscorrono fiumi, sono per tal guisa appunto ripieni di quelle sabbie. Egli è su quelle terrazze che sono generalmente condotte le strade. Esse possono osservarsi ancora ad un' altezza da 7000 a 9000 piedi, finchè diventano nascoste dai mucchi irregolari di detriti. Al più basso margine delle valli, esse sono continuamente unite a quelle chiuse pianure, che sono così caratteristiche nel paesaggio Chiliano ai piedi delle Ande, e che furono indubitatamente formate e riempinte dalle ghiaie che le ricoprono, quando il mare penetrava nel Chili, come penetra oggi ancora nelle coste più meridionali di America. Gli orli ghiaiosi, de' quali si tratta, rassomigliano precisamente per composizione alla materia che i torrenti depositerebbero in ogni vallata, qualora essi fossero impediti di procedere oltre da una causa qualunque, come per esempio dal loro sboccare in quel punto in un lago od in un mare; ma i torrenti, ben lungi dal depositare materie, sono ora energicamente all' opera nel portar via tanto le solide roccie quanto quelli antichi depositi alluvionali, lungo l' intera linea di ogni vallata. Laonde il Darwin da tutti questi fatti inferì con ragione

che le mentovate terrazze di ciottoli e ghiaie furono accumulate durante la graduale elevazione della Cordigliera, mercè dell' abbandono che i torrenti facevano, a successivi livelli, dei loro detriti sui margini di lunghi bracci di mare, dapprima nelle parti più alte della attuale vallata, poi, man mano che questa si adergeva, nelle parti più basse di lei, a misura che questa si andava lentamente sollevando e il mare, per conseguenza, ritirando. La presenza antica del mare su quelle oggi erte giogaie è, del resto, attestata dall' infinito numero di conchiglie, le quali nelle remote età riposavano sul fondo dell' Oceano, ed ora si sono alzate, con questo fondo istesso, a quattordici o quindici mila piedi sul livello del mare. Ma la suesposta induzione del Darwin dimostra che questo sollevamento della grande ed anfratta catena della Cordigliera, invece di essersi operato, come i geologi hanno per lungo tempo creduto, per subitanea e violenta emersione, si è venuto lentissimamente compiendo, precisamente nella stessa graduale maniera con cui, in un più recente periodo, si venne alzando tanto la costiera del Pacifico quanto quella dell' Atlantico.

Avvezzi a misurare il corso del tempo con le piccole, infinitesime unità dei nostri anni e dei nostri secoli, educati alla scuola di venerate tradizioni che ci raffigurano come assai prossima a noi l' origine dell' attuale stato delle cose, noi abbiamo spesso bisogno di fare uno sforzo sopra noi medesimi, per rappresentarci all' immaginazione la infinita serie di età che dovettero trascorrere, perchè la natura potesse compiere quei vasti sollevamenti del suolo, quel continuo ritiro degli Oceani, quei grandi mutamenti insomma che la fisica del globo, d' altra parte, ci attesta con irrefragabili monumenti. Ma quando le manifeste prove degli avvenuti cambiamenti ci stanno numerose dinanzi agli occhi, quando noi scorgiamo gli instancabili agenti di trasformazione essere tuttogiorno in opera e produrre tuttodì cambiamenti novelli, perfettamente simili agli antichi, non sarebbe egli un rimpicciolire la natura, un abbassarla fino al nostro meschino livello, quando volessimo rifiutarci ad ammettere una tesi da tanti argomenti confortata,

solo perchè essa urta forse coi nostri poveri pregiudizi e sol perchè richiede l'uso di un orologio più maestosamente lento, di quelli che ci forniscono le nostre povere cronologie da pigmei?.. L'astronomia ci ha già abituati all'infinito nello spazio; saprà bene la geologia obbligarci ad ammettere, anche a malgrado dei nostri *non possumus*, l'infinito nel tempo!

III.

Ma nuova forza acquista l'argomento, se noi ci volgiamo ad un altr'ordino di fenomeni, cioè alla azione modificatrice esercitata dalle acque. — La quantità dei detriti che i fiumi staccano dalle pendici dei monti ed accumulano poi in fondo ai laghi o nel mare alle foci, formandovi i loro delta, è tale che difficilmente crederebbe chi non l'abbia di proposito osservata.

I nuovi strati che ogni anno il Rodano aggiunge ai terreni depositati nel fondo del lago di Ginevra, sono così copiosi, che, secondo i calcoli del dottissimo Henry de la Beche, essi alzano il fondo del Lemano di circa 100 piedi per ogni secolo sopra una lunghezza di oltre a due miglia.

Più eloquente ancora è l'insegnamento che possiamo ritrarre dall'economia fluviale del Po. I cambiamenti che questo fiume ha operati nella grande pianura dell'Alta Italia, dall'epoca dei Romani in poi, sono enormi. Vasti laghi ed ampie paludi vennero colmate, presso Piacenza, Parma e Cremona. — Nell'Adriatico, dalla parte boreale del golfo di Trieste, ove sbocca l'Isonzo, fino a sud di Ravenna, ove cadono le ultime bocche del Po, è una non mai interrotta serie di nuove terre, lunga più di 100 miglia, e che duranti gli ultimi 2000 anni è cresciuta da due a venti miglia di larghezza. I fanghi di Lombardia, quei fanghi che, provenienti dalle pendici alpine, fornirono al Conte Di Fiquelmont un così grazioso argomento per asserire con una comica serietà che l'alta Italia è di tedesca origine e deve quindi essere di

tedesca signoria, continuamente portati dal fiume, vanno tutti i i giorni diminuendo la profondità delle lagune, e cambiandole in vaste praterie. L'Isonzo, il Tagliamento, la Brenta, l'Adige ed il Po finiranno certamente per riempiere di terra tolta alle Alpi la parte settentrionale dell'Adriatico, ove il solo Po avanza ogni anno, secondo i pazienti e nobili studi del Lombardini, il suo delta di oltre a 70 metri. La città di Adria era un porto di mare ai tempi di Augusto, e diede il nome al golfo; oggi è circa venti miglia entro terra.

Ma il Rodano ed il Po e tutti i fiumi dell'Europa, non escluso il più grande di essi, il Volga, sono ben poca cosa, al paragone degli immensi corsi d'acqua, che irrigano altre parti del mondo; ed è alle foci di questi che noi possiamo raccogliere, sulla tesi che andiamo studiando, le più proficue lezioni.

Che l'Egitto fosse il *figlio del Nilo*, era opinione dei sacerdoti di Tebe e di Menfi, quando li visitava Erodoto; e chiunque ha veduto quella contrada, non può dubitare che la fertilità della pianura alluvionale che circonda il Cairo, e l'esistenza medesima del delta al di sotto di quella bella città, sono dovute all'azione del gran fiume ed alla irresistibile possa con la quale esso trasporta i fanghi dell'Africa interna e li deposita sulle nude pianure e su quelli spazi che ha egli medesimo sottratto al dominio del mare. La profondità del Mediterraneo è di circa dodici braccia a breve distanza dall'orlo del delta; poi cresce gradatamente a 50, e quindi scende repentinamente a 380 braccia, misura ch'era forse l'originario fondo di quella parte del mare, la quale poscia fu occupata dal fango. Il colonello Newbold ha osservato l'acqua del mare intorbidata dalle alluvioni a 40 miglia dalla costa; ed io stesso nel 1865, benchè visitassi l'Egitto in Aprile, stagione della magra, ho potuto osservare il cambiamento del colore del mare a più di 15 miglia dal lido. Al dire di Wilkinson, la materia alluvialo formata nello spazio di 1,700 anni presso alla prima cateratta, non lungi da Elefantina (a 24° 5′ lat.) ha 9 piedi di profondità; a Tebe (25° 43′) circa 7 piedi; a Eliopoli ed al Cairo (30°)

5 piedi e 10 pollici; è considerevolmente minore a Rosetta e presso alle altre foci del Nilo.

Questi fenomeni assumono ancora più gigantesche proporzioni nel bacino idrografico del Mississipi in America. Questo magnifico fiume ha le sorgenti presso il 49° parallolo di latitudine boreale, e le sue foci al 29° grado, compiendo un corso di oltre a 3000 miglia. Passa da un freddo clima, ove il cacciatore guadagna la vita con le pellicce della martora e dello zibellino, alle temperate latitudini, e poi alla pingue regione del riso, del cotone o della canna da zucchero. Dalla sua foce fino alla Baliza, i piroscafi possono rimontarlo per 2000 miglia, senza osservare variazione nella larghezza del fiume. Parecchi de' suoi tributari, il Missuri, l' Arkansas, l' Ohio, sono più grandi del Volga. La superficie irrigata da quella rete fluviale è più estesa della metà del continente d' Europa. Le più minute, le più accurate ed esatte osservazioni furono fatte da Humphreys, Abbot, Riddel, Lyell ed altri insigni scienziati, circa la quantità di terra contenuta in dissoluzione dalle acque del Mississipi. La conclusione alla quale sono arrivate queste ricerche, si è che la massa di terreno che ogni anno il potente fiume porta al Golfo del Messico, è di 3,702,758,400 piedi cubici. L' area del delta misura 13,600 miglia inglesi quadrate; e l' accumulazione dell' intero deposito, tenuto conto del suo annuale incremento, ha richiesto un periodo di almeno 67,000 anni. La quantità di legnami o di grossi alberi portati dal Mississipi alle foci è immensa; e scavando alla profondità di più centinaia di piedi, si trovano ancora grandi piante secolari, le quali non poterono esservi state trasportate che molte e molte migliaia di anni addietro.

Eguali conclusioni possono ritrarsi dallo studio della economia fluviale dell' Amazzone, del Parana', del Plata, dell' Orenoco; eguali da quello del Gange e del Bramaputra, in India, alla cui foce comune le acque trasportano ogni anno una massa terrosa, che Lyell ha calcolato eguale a quella di sessanta piramidi di granito pari alla maggior piramide di Giseh, la quale pesa ben sei milioni

di tonnellate. È facile preconizzare il giorno in cui il continuo accumularsi di quelle fertili terre, abbia interamente cambiato l'aspetto e la configurazione di quelle parti meridionali dell'Asia.

La natura non ha fretta; datele il lungo corso del tempo ed essa vi colma il fondo degli oceani, vi corrode i fianchi delle montagne, vi cambia il livello degli interi continenti, senza che sia punto necessario di far intervenire i prodigiosi cataclismi invocati dalla tendenza che ha congenita l'uomo pel maraviglioso.

Rimandiamo, del resto, alla nostra XXVII^a Lezione, nella quale di proposito studieremo le leggi della fluviale economia, chi fosse bramoso di più minute e particolareggiate nozioni di fatto circa alla potenza rinnovatrice e modificatrice delle acque correnti sul nostro pianeta.

IV.

Alle stesse conclusioni irresistibilmente ci tragge l'osservazione di altre specie di geologici fenomeni. Il naturalista Ehrenberg si accertò che il terreno su cui sorge Berlino e quello di tutta la marca di Brandeborgo è a grande profondità interamente composto degli avanzi di innumerevoli ma piccolissimi crostacei marini. — Ebbene! quando gl'ingegneri inglesi fecero, pochi anni or sono, i primi studi per l'immersione della gomena telegrafica da Valentia a Terra Nuova, e sprofondarono nell'Atlantico lo scandaglio di Brooke, che ha la proprietà di riportare seco un saggio delle terre e degli oggetti toccati al fondo, trovarono che tutto il letto dell'Oceano Atlantico settentrionale è coperto, anzi letteralmente formato di piccole conchiglie di crostacei morti e in quel profondo continuamente accumulati.

La natura non ha bisogno che di piccole cause infinitamente moltiplicate nello spazio e nel tempo, per produrre grandi, immensi effetti. I coralli e le madrepore del grande Oceano le bastano per formare il suolo calcare di innumerevoli isole, che a poco a

Digitized by Google

poco emergono dal fondo del mare, ed alle quali i venti e gli uccelli si incaricano poi di trasportare i primi semi delle foreste o della vegetazione, che diventerà poscia la sede e l'alimento di numerose umane società.

Due o trecento bocche di vulcani ignivomi sono oggi in piena attività sulla superficie della terra; e la potenza che hanno di modificarne le condizioni, è immensa. La formazione del Monte Nuovo nel 1538, l'apparizione dell'isola Ferdinandea, l'apertura degli *Hornitos* del Jorullo in America, i fenomeni a tutti noti dei quali cominciò l'anno scorso ad esser teatro l'isola di Santorino, basterebbero a provare quanto sia energica l'azione delle forze vulcaniche, alle quali, del resto, consacreremo in seguito uno studio affatto speciale (*V. Lezione XXIII.*). Nella eruzione del 1845 l'Ecla in Islanda lanciò le sue ceneri fino alle isole Orcadi, e le navi che veleggiavano in quei paraggi ne furono coperte con uno strato di più centimetri, mentre nel mare piovevano intorno a miriadi le pietre pomici. — Il Cotopaxi in America nel 1742 determinò con le sue fiamme e lave la fusione di una massa enorme di nevi, producendo così, co' suoi fuochi, nelle sottostanti valleo una devastatrice innondazione.

Ma io debbo qui fermare l'enumerazione, necessariamente incompleta, dei fenomeni che inducono la scuola di Lyell a respingere la ipotesi delle subite o repentine rivoluzioni e degli alternati riposi, ed a spiegare invece la costituzione e la storia del nostro pianeta con la teoria delle cause attuali, operanti in una serie interminata di secoli.

V.

Una obbiezione, apparentemente formidabile, è stata fatta a questa teoria. — Voi potete con essa (si disse) porgere, fino ad un certo segno, ragione delle evoluzioni del mondo inorganico, delle formazioni delle roccie e dei terreni. Ma come spiegherete

voi la successione delle specie viventi, quale ci è rivelata dalla paleontologia? Come mai ai giganteschi sauri o rettili del periodo giurese sottentrarono, nell'epoca terziaria, i Mammiferi? e fra questi, perchè mai apparvero prima i colossali pachidermi, ora affatto estinti, e poi successivamente altre ed altre famiglie, prima di arrivare al mondo organico attuale?

Lungi dall'essere una obbiezione, questo argomento, nelle abili e sapienti mani del sommo Carlo Darwin, si è convertito nella più splendida conferma della dottrina del suo compatriota e maestro Lyell.

Egli è impossibile volgere uno sguardo sugli insegnamenti della paleontologia, senza riconoscere che, nella serie ascendente della natura organizzata, dalla prima sua apparizione sul globo, fino alle epoche più recenti, regna una legge di regolare progresso e di successivi perfezionamenti. Il tanto oppugnato Lamark può avere bensì esagerato forse questa tesi, rappresentando la legge del progressivo svolgimento organico siccome assolutamente rigorosa e geometricamente assoluta; mentre essa va, come tutte quante le leggi della natura, soggetta, non dirò ad eccezioni, ma a contemperamenti ed a combinazioni con altre leggi; ma, considerata nel suo essenziale principio, cotesta legge incontrastabilmente sussiste. — Cominciando dalla vita vegetale, tutte le più autorevoli e sagaci investigazioni hanno con estrema evidenza dimostrato che la più antica flora era caratterizzata dal predominio delle piante crittogamiche, le più semplici, le più imperfette, le più rudimentali. Nella flora Devoniana dell'America boreale i generi licopodiacei, i Lepidodendri, erano i più numerosi, mentre le piante associate, come le Sigillarie e le Conifere si riscontrano solo negli strati carboniferi superiori. Nei periodi secondari o mesosoici appariscono le palme; ma è dubbio se mai una traccia di angiospermi dicotiledoni siasi per anco scoperta nelle rocce dei periodi Triasico, Oolitico o basso-Cretaceo. Abbondano quivi bensì i Coniferi, ma le piante che costituiscono ora la maggior porzione della nostra flora, ad eccezione della

numerosa tribù degli abeti, non appariscono prima della superiore èra cretacea. Egli è solo negli strati di quest' ultima età, nei terreni di Aquisgrana, che noi ci imbattiamo finalmente in un deposito di fossili piante, in cui gli ordini e le classi principali della odierna creazione vegetale sono pienamonte rappresentati.

Più manifesta ancora la legge della progressiva evoluzione apparisce nel Regno Animale. Nella zoologia quando si parla di una più alta e più perfetta organizzazione, si intende accennare a quelli esseri che sono forniti di un maggior numero di organi, specialmente dostinati a particolari funzioni. Così nelle più basse divisioni, quali i Briosoi ed i Brachiopodi, noi non troviamo ancora organi separati e distinti di respirazione, di visione, di locomozione; nell' atto che nei bivalvi lamellibranchiati, benchè siano acefali (senza testa) noi troviamo un cuore, branchie, piedi ed altri organi deficienti negli ordini inferiori, accennati poc' anzi. — I gasteropodi hanno testa, bocca, denti, un apparato respiratorio, e, molti di essi, organi per la visione; mentre nel più alto grado dei cefalopodi noi incontriamo tanti strumenti accomodati a compiere varie funzioni, tale una concentrazione del sistema nervoso in ciò che possiamo quasi già chiamare un cervello, che non possiamo a meno di accordar loro il posto superiore fra i molluschi. — La moltiplicità e la perfezione degli organi vanno poi di mano in mano crescendo, a misura che dai molluschi passiamo ai pesci, ai rettili, agli uccelli, ai mammiferi, ai quadrumani, all' uomo.

Or bene — quest' ordine stesso nel quale noi ascendiamo la scala dei viventi e col quale un Zoologo li classificherebbe nel suo Museo, è quell' ordine nel quale li veggiamo inversamento succedersi, se dai terreni più recenti retrogradiamo verso i primitivi. Nelle più antiche rocce non troviamo che conchiglie e fossili di invertebrati; le ossa dei pesci e dei rettili ovipari non appariscono che negli strati successivi; indi gli avanzi degli uccelli; poi quelli dei quadrupedi di specie estinte; e soltanto nelle ultime formazioni diluviali dell' epoca quaternaria, le specie oggi viventi. Ma in nessuna di queste formazioni nè secondarie, nè

terziarie, l'uomo è ancora stato con certezza rinvenuto allo stato fossile, sebbene ora non rimanga più dubbio alla paleontologia che la nostra specie è di molte migliaia di anni più antica di quella che sino a questi ultimi anni si fosse creduto.

VI.

Ecco di presente come il Sig. Carlo Darwin spiega (fondandosi non su vaghe ed incerte ipotesi, ma su positive e numerose osservazioni ed esperienze) la successione paleontologica dello svolgimento della natura animale.

La qnantità di vita esistente sul globo è identica ed invariabile, come è invariabile la quantità di forza meccanica, sia che rivesta ad ora ad ora la forma di calore o qnella di lavoro. Ma, per mantenersi esistente, ognuna delle specie organizzate ha bisogno di spazio e di alimento; e tutte poi le specie lottano le nne contro le altre, per disputarsi coteste fatali condizioni della esistenza.

Nella lotta per la vita (*Struggle for life*), le specie più forti e meglio organizzate prevalgono alle specie più deboli e più imperfette. Darwin ha generalizzato a tutta la vivente natura un principio che il suo illustre e tanto calunniato concittadino T. R. Malthus. aveva scoperto ed applicato alla sola economia della *Popolazione umana*. Mentre le generazioni (avea detto il celebre Economista, riproducendo un concetto dell'italiano Gianmaria Ortes) tendono a moltiplicarsi giusta una rapida progressione geometrica, i mezzi di sussistenza non possono aumentarsi che, tutt'al più, giusta una semplice proporzione aritmetica. Indi la necessità ineluttabile che, per tenere in equazione cotesti dne termini, e per ricondurre sempre ai limiti dalle sussistenze assegnati le generazioni che sempre tendono ad oltrepassarli, o la falce della morte spenga il nnmero di viventi in eccedenza, o il ritegno morale (*moral restraint*) vale a dire la umana previdenza, impedisca la venuta dei nascituri in eccesso.

Digitized by Google

Nelle inferiori specie animali ed in tutto il regno vegetale, la *moral restraint* non esiste; ma al suo difetto supplisce lo *struggle for life*, la *race for existence*. Fra varie razze o fra varie specie di esseri conviventi in un dato luogo ed in una data epoca, quella specie, quella razza che sarà dotata di una notevole superiorità fisica, di una maggiore attitudine a conservarsi ed a propagarsi, relativamente a tutte le altre, finirà gradatamente per usurpare a queste lo spazio e l'alimento, per ampliarsi e moltiplicarsi a loro spese, e per prendere definitivamente il loro posto. Bene inteso, che questa lotta non si verifica se non tra quelle specie le quali competono fra loro per disputarsi lo stesso spazio e (più o meno direttamente) la medesima natura di alimento. Così, per esempio, l'uomo bianco e civile, che a poco a poco ha estirpato l'uomo rosso o nero e selvaggio delle isole dei Carnibi e della Nuova Olanda, vi ha lasciato sussistere molte delle specie inferiori viventi in quelle stesse contrade, e ve ne importò molte novelle. Egli è ancora da avvertire che, per assicurare ad una specie privilegiata la prevalenza ed il trionfo su tutte le altre competitrici, non è punto necessaria in essolei una *assoluta* superiorità, per modo che la vittoria sia sempre e fatalmente attribuita alle specie intrinsecamente più perfette. Basta che, date quelle tali condizioni di luogo e di alimento, una specie possa ad esse piegarsi ed accomodarsi meglio e più agevolmente delle specie rivali, perchè quella finisca per invadere il dominio di queste e per determinarne la più o meno lenta distruzione. Così la teoria del progresso organico, che Lamark ed Owen avevano esposta in modo troppo assoluto ed inflessibile, e come legge fatale ed ineluttabile del mondo vivente, è bensì accettata, nel senso fin qui esposto, dal Darwin, ma non in guisa tale da escludere la possibilità (anzi spiegandone perfettamente le cagioni) della sopravvivenza e del trionfo eventuale di razze e di esseri nella scala organica meno perfetti, ma forniti di alcuna peculiare attitudine in più spiccato od eminente grado di altre creature, benchè queste sotto ogni altro rapporto siano per avventura meglio organizzate di quelle.

Ma ciò non è tutto ancora. — Se in una data specie di esseri, vi ha una varietà godente di peculiari caratteri trasmissibili di generazione in generazione, e capaci di darle qualche vantaggio nella incessante battaglia che gli esseri tutti combattono sulla faccia del globo per la propria conservazione, questi caratteri tendono a svolgersi, ad esagerarsi e a divenir prevalenti, fino a determinare la conversione delle varietà, che ne sono privilegiate, in nuove razze, e poi delle razze in ispecie. Accade qui per legge di natura un fenomeno simile a quello che l'uomo è riuscito a produrre ad arte, e che è ben noto agli agronomi ed allevatori inglesi, i quali gli hanno dato il nome di *Selection*, elezione. È noto che l'illustre Bakewell è riuscito con questo mezzo appunto ad ottenere novelle varietà di pecore (*South-downs*, *New-Cheviots*) nelle quali il vello è due volte più copioso e la quantità di carne circa doppia di quanto si verifichi nelle pecore ordinarie; mentre le varietà perfezionate con la *selection* non hanno che la minima quantità di ossa, appena sufficiente e necessaria a sostenere il peso utile dell'animale. Col metodo stesso si sono ottenuti i buoi dalle piccole corna della contea del Durham, si sono moltiplicate cotanto le belle varietà di colombi, di camelie e di altre specie di piante e di animali. Col metodo stesso Federico Guglielmo re di Prussia e padre del grande Federico, maritando ai più giganteschi soldati del suo esercito le più colossali viragini delle sue campagne, ottenne quella tanto vantata sua Guardia Reale, i cui membri passeggiano le loro maestose e gravi persone nei viali di Potsdam e nelle strade di Berlino.

Ebbene! Ciò che l'arte umana fa in piccole proporzioni e co' suoi limitatissimi mezzi, adempie sopra una immensa scala la natura, mediante un procedimento, che Darwin bene chiamò la *Natural Selection*, procedimento che, continuato per una serie di età che non misurasi nè a secoli nè a migliaia e nettampoco a milioni di anni, determina la continua trasformazione delle varietà in ispecie e talvolta anche delle specie in varietà, se una razza diventa potente abbastanza per convertirsi in ispecie prevalente.

Digitized by Google

Posti questi due cardinali principii, della lotta per la vita e della naturale elezione, è facile spiegare l'evoluzione paleontologica, che nel sistema delle Rivoluzioni del globo non trova invece spiegazione di sorta, fuorchè quella (che, in sostanza, non è una spiegazione) dell'intervento continuo e successivo di altrettante distinte creazioni. Riesce agevole infatti il concepire che nelle lente modificazioni subite dai climi e dalla topografia dei luoghi, le condizioni di vitalità che convenivano in prima ad una data specie (la quale perciò allora erasi grandemente moltiplicata), abbiano cessato di esserle propizie, divenendo tali invece per una varietà o per una specie diversa, sicchè la prima dovesse a poco a poco spegnersi e scomparire, o (ciò che è lo stesso) convertirsi gradatamente nella seconda. Al tempo medesimo che la specie relativamente meno privilegiata andava esinanendo, la elezione naturale che sviluppa negli individui e nelle varietà i caratteri più energicamente spiccati e salienti di una speciale organizzazione, ha tramandato per via di eredità e così di generazione in generazione perfezionato i caratteri che le lente modificazioni telluriche e climatologiche avevano fatto emergere negli esseri sopravissuti e divenuti stipiti di specie novelle. Come gli augelli delle grotte di Zwirkniss, hanno, a lungo andare, perduto gli occhi, dei quali nelle tenebre di quelle caverne non hanno bisogno e di cui sono bene forniti i volatili della stessa specie viventi nell'aperto aere; come il *Proteo* (rettile vivente in oscure grotte), ha anch'esso lentamente contratta una simile cecità; come nella talpa comune l'occhio è ridotto a minime proporzioni e quasi ad uno stato rudimentario; come lo stesso fenomeno si osserva nel *tucutuco*, vivente anch'esso nella profonda terra, e i cui remoti discendenti sono forse predestinati alla sorte del Proteo; come il metodo di Bakewell ha potuto produrre intere varietà di montoni, che chiamar possiamo artificiali; — così del pari col perpetuo operare dello *struggle for life* e della *natural selection*, la natura ha, nelle successive età geologiche, svariato perpetuamente le forme della vita animale, e cambiato e il più delle volte perfezionato i tipi della organizzazione.

Tali sono i lineamenti di un sistema che fu da certuni violentemente osteggiato o (ciò che è peggio) platealmente deriso, da altri abbracciato non perchè sapiente ed acconcio ad alzare una parte del velo di cui natura ama coprire le sue più segrete operazioni, ma perchè sembra somministrare armi più poderose ad una polemica più o meno settaria; — sistema però che vuol essere esaminato con mente calma e serena, e nel quale anche gli avversari di buona fede debbono pur confessare esservi una delle più splendide creazioni della mente umana; sistema che a me sembra porgere la più razionale ed al tempo stesso la più profonda e la più semplice spiegazione di un ordine di fenomeni, che ha sempre destato nel più alto grado l'umana curiosità.

Concludiamo, o Signori. — La teoria delle *Cause Attuali*, che io ho procurato di riassumere, non aspira ad aggiungere una nuova Cosmogonia alle mille, più o meno poetiche e singolari, che l'immaginazione ha foggiate, a cominciare dalla leggenda del selvaggio, che facea nascere la Terra da uno sternuto del suo Dio, fino alla ipotesi di Buffon, che vedea nei pianeti altrettanti frantumi del sole, spezzato dall'incontro di una di quelle comete, che Babinet chiamò *des riens visibles*, o fino a quella da noi esposta teoria degli anelli equatoriali della massa solare primitiva, che l'immortale Laplace diceva di non presentare se non *con diffidenza*, e che gli scolari del sommo geometra ripetono come una verità perfettamente dimostrata.

La dottrina, ch'io mi sono studiato di riepilogare in questa lezione, è assai più modesta, ma, perciò stesso forse, più vera; ed io almeno tale la credo. Essa non vede nella Natura nè un Brama, di tratto in tratto occupato, non si sa perchè, a creare esseri nuovi dal nulla; nè un Saturno, inteso a divorare le sue creature; ma bensì una serie interminata di trasformazioni, una infinita concatenazione di cause e di effetti, un complesso armonico di coordinati movimenti e di scambievoli modificazioni. Ciò che oggi accade sotto i nostri occhi, è per lei più che sufficiente a spiegare ciò che è avvenuto nelle età che hanno preceduto

Digitized by Google

l' epoca presente, senza sentire punto la necessità di ricorrere all' intervento arbitrario di misteriose potenze, nè all' arcano alternarsi di lunghi riposi e di repentine rivoluzioni.

Egli è, o Signori, a palesare la meravigliosa attitudine che ha questa semplice quanto feconda teoria a porgerne ragione dei grandi fenomeni che ci presenta l' Universo; egli è a mostrare parte a parte il modo di azione delle cause attuali, osservate così nelle masse oceaniche, come negli spazi atmosferici e nelle terrestri superficie; egli è a rintracciare con diligente ed ingenuo studio le eterne leggi, con le quali siffatte cause producono l' ordine e l' armonia nella gran macchina del Cosmo, cominciando da quelle correnti marine, che studieremo nelle nostre prossime lezioni, e procedendo fino alla distribuzione della vita vegetabile ed animale, che formerà l' ultimo tema dei nostri trattenimenti; egli è, dico, a questo scopo, non ignobile per fermo nè puerile, e certamente non tentato finora da altri, almeno in Italia, che il presente mio Corso è peculiarmente destinato.

Digitized by Google

LEZIONE IX.

Il Mare

—

SOMMARIO.

Importanza Cosmica del mare nelle epoche geologiche antiche; — nell'epoca attuale. — Sua profondità: teorie di Buffon, Laplace, Adhèmar ecc. — Scandaglio di Brooke, e fatti accertati. — Composizione e Salsedine del mare; osservazioni comparative. — Colorazione del mare. — Sua Trasparenza. — Fosforescenza del mare. — Osservazione di G. Marsh. — Temperatura del mare. — Legge di Ross; osservazioni di Neumann, Ediung ed altri. — I mari polari e gli *Icebergs*. — Divisione geografica dei mari.

I.

Signori,

Determinata geometricamente la figura, misurate le generali dimensioni del pianeta terrestre, indagata la storia geologica della sua formazione, il tempo è finalmente venuto, o Signori, di volgerci alla geografica descrizione delle varie sue parti, allo studio dei fenomeni che presenta la *Fisica del globo* propriamente detta. — E siccome i tre quarti della sua superficie sono coperti dalle acque dell' Oceano, si è quindi dalla *Geografia fisica del mare* che noi daremo principio a siffatto studio.

Tutte le teogonie, le cosmogonie tutte dei popoli primitivi accordarono al mare una immensa importanza. Mosè ci dipinge lo spirito di Dio, nei di della creazione, *vagante sulle acque*. I Veda, antichissimi libri sacri dell' India, narrano di Brama percorrente l' infinito Oceano sur una foglia di loto. E il greco poeta Pindaro esclamava con sublime lirismo: *l' acqua è veramente ciò che vi ha di più grande nell' universo!*

Nè questo è semplicemente un mito creato dalla poetica immaginazione: esso è veramente la realtà positiva e scientifica delle cose. — Lo studio degli strati terrestri, grès, sabbie, argille, calcari, conglomerati, puddinghe, prova che le sostanze onde le masse continentali sono composte, hanno lungo tempo e ripetute volte soggiornato al fondo dei mari. A tre successive riprese il mare ha occupato il bacino in cui sorge Parigi; altrettante volte furono sommerse le terre meridionali dell' Italia; tutta l' America del Sud si va da miriadi di secoli lentamente sollevando al di sopra dell' Oceano, che un tempo la copriva. Anche sulle vette e sui fianchi delle più alte montagne, sollevate oggi a 5 o 6,000 metri sul livello oceanico, trovansi i resti di animali marini, segni irrefragabili dell' antica loro immersione sotto le acque del mare. Quelle innumerevoli conchiglie, che un cinico ed assai leggiero scherzo di Voltaire attribuiva ai pellegrini, che le perdevano (diceva il gran demolitore) su pei colli alpini, mentre li valicavano per recarsi a Roma, sono monumenti, sul cui linguaggio non è possibile ingannarsi, sono gli evidenti vestigi della vetusta permanenza submarina delle contrade attualmente abitate dall' uomo. E i fenomeni non meno accertati e sicuri, di graduale depressione di interi continenti, ci fanno prevedere il lontano giorno in cui le terre, sedi in oggi delle superbe nostre civiltà, ritornino un' altra fiata sotto il dominio del mare.

Anche duranti le età geologiche nelle quali le terre stanno emerse fuori delle onde marine, ma coperte invece da quell' altro oceano che è l' atmosfera, l' influenza del mare continua pur tuttavolta a farsi energicamente sentire sulla superficie del suolo.

Sulle liquide pianure oceaniche i raggi solari esercitano la medesima azione che le brage di un fornello producono sull' acqna contenuta in una caldaia, determinando cioè nel superiore strato della massa marina un cambiamento di stato, che ne fa passare le molecolo dalla forma liquida alla aeriforme. È questa la evaporazione. — La colonna ascendente di vapore si solleva nelle parti piu fredde dell' atmosfera, ove si condensa sotto forma di nubi, che i venti poscia trasportano e distribuiscono nelle diverse regioni terrestri, sulle quali poi i vapori cadono raccolti in goccie di pioggia o in piccoli, mirabili cristalli di neve o di ghiaccio. — I rivi poi, i torrenti ed i fiumi riportano le acque al mare, d' onde eran venute, ed il quale è il grande serbatoio comune, ove l' elaborazione medesima si riproduce eternamente. La storia delle migrazioni di una goccia d' acqua è forse, agli occhi del filosofo, più interessante che quella delle migrazioni di un popolo conquistatore; e scorgendo l' immensa circolazione che si opera tra l' Oceano, l' Aria e la Terra, è impossibile che una mente dotata di spirito indagatore non ricorra spontanea alla analogia con quell' altra circolazione che mantiene la vita nei corpi organizzati. L' Oceano assume così, nell' economia terrestre, funzioni analoghe a qnelle che negli esseri viventi adempie il cuore; e l' atmosfera diventa una specie di polmone, che elabora, ricostituisce e ravviva gli elementi del fluido benefico, il quale poscia, e dopo aver sorvito ai mille usi a cui lo consacrano e la Natura e l' uomo, scorrendo per mille vene, ritorna al centro dal quale era originariamente partito.

La geografia fisica del mare lo considera sotto i molteplici rispetti della profondità, — della composizione, — della colorazione, — della trasparenza, — della temperatnra, — della ondulazione, — delle correnti, — delle maree, — della vita animale che contiene, — e delle principali sue divisioni. — E tali precisamente sono i punti, che ora noi prendiamo a studiare.

Digitized by Google

II.

E, prima di tutto, la Profondità. — Essa è stata l'oggetto delle indagini di illustri matematici e naturalisti, i quali, in difetto di misure dirette e di positive osservazioni, che allora mancavano, cercarono dapprima di dedurla da ipotesi e da considerazioni teoriche, più o meno ingegnose. — Buffon asseriva che la profondità media dell' oceano è di 230 tese, ossia 449 metri. Laplace, valutando, per errore, l' altitudine media delle terre al di sopra del livello marino a 1000 metri (mentre i più accurati studi moderni non assegnano alle terre emergenti che il terzo circa di questa quantità), pensava che anche la profondità media dei mari fosse di 1000 metri.

Il geometra francese, Sig. Adhémar, del quale esporrò nella mia XXIV^a Lezione l' ingegnosa ma ipotetica teoria sui *Diluvi periodici*, ha cercato anch' egli di determinare per via d' induzione la legge che impera sulle profondità oceaniche, partendo dall' ipotesi, abbastanza plausibile, che una massa d' acqua sia, in generale, tanto più profonda quanto è più ampia. Prendendo per unità la lunghezza dei diversi paralleli, questo scienziato determinò la frazione di quei circoli che corrisponde alla superficie liquida. Egli ha trovato i risultamenti che seguono:

Latit. boreale.	Frazione liquida.	Latit. australe.	Frazione liquida
60°	0,353.	0°	0,774.
50°	0,407.	10°	0,780.
40°	0,527.	20°	0,794.
30°	0,536.	30°	0,794.
20°	0,677.	40°	0,972.
10°	0,710.	50°	0,972.
0°	0,774.	60°	1,000.

D' onde emerge la legge di regolare aumento della superficie liquida, procedente da Nord verso Sud. Or bene, se la profondità

delle acque cresce con la loro estensione, essa deve aumentare notevolmente nell' emisfero australe, e nei paraggi più prossimi al polo antartico questa profondità deve essere enorme.

Può esservi qualche spirito caustico, per non dire cinico, il quale si faccia a domandare: A che giovano coteste indagini sulle profondità marine? — Noi potremmo ad un quesito siffatto rispondere come Franklin, a proposito della scoperta degli aerostati: « A che può servire il bambino, che è nato or ora? ». Ogni fenomeno fisico è importante per sè medesimo e per le leggi della Natura che ci rivela; è importante poi per le relazioni che dischiude con altri fenomeni, i quali possono un dì o l' altro divenir fecondi di pratica utilità. Se Giacomo Watt, fanciullo, non si fosse divertito a vedere il lene sussulto del coperchio del recipiente da Tè della vecchia sua madre, forse il mondo non avrebbe ancora la più utile e la più prodigiosa delle macchine, la macchina a vapore. Se la scienza non si fosse occupata di studiare il fondo dei mari, forse il mondo non possederebbe le gomene telegrafiche, le quali legano insieme i continenti.

Ma è fortunatamente inutile oramai appigliarsi alle incerte ipotesi, sulla questione che andiamo disaminando, dal momento che la osservazione diretta, mercè di ripetuti scandagli, ci somministra oramai dati precisi ed esatte cognizioni. — Sventuratamente, gli strumenti dei quali dispongono finora i naviganti, per sondare le profondità oceaniche, sono molto imperfetti. La tenuità delle funi, il peso degli apparati, l' enorme pressione che sopportano o che cresce di una atmosfera ad ogni 10 metri di discesa, rendono sommamente difficili e d' incerto esito le esplorazioni batimetriche. Uno dei più grandi ostacoli che incontrino, proviene dal trasporto della linea di scandaglio in balia delle correnti marine, per cui la linea continua a filare, anche dopo che l' estremità ha toccato il fondo. Lo scandaglio meno fallace che finora sia stato adoperato, è quello inventato da un officiale americano, il Sig. Brooke. Una palla da cannone da 64, pesante 29 chilogrammi, è forata da parte a parte da un' apertura cilin-

drica, nella quale passa liberamente una sbarra di ferro AB. Questa sbarra porta nella sua estremità inferiore una cavità cilindrica *c*, spalmata di sego e destinata a raccogliere saggi del fondo del mare; essa è munita, alla sua estremità superiore di due levo mobili *d d*, fornite di un uncino. Un disco di cuoio *e*, concavo e bucato al centro, giace al di sotto del proiettile, od è ritenuto con due fili di ferro agli uncini dei due bracci di leva, ai quali sono fissate le estremità inferiori della linea di sonda. Finchè il sistema è liberamente sospeso alla linea, le due leve *d d* stanno rialzate ed il proiettile è trattenuto; ma appena la sbarra AB tocca il fondo, il peso della bomba fa cadere le leve, la bomba si stacca, e precipita liberamente in mare. Allora si estrae lo scandaglio e la sbarra di ferro porta seco una mostra del fondo che ha toccato.

Fig. 12. — Scandaglio di Brooke.

Attualmente il letto del Baltico, del Mare Germanico, della Manica, è perfettamente conosciuto; e possediamo di quelle plaghe submarine carte assai più esatte di quelle rappresentanti molte porzioni del continente. — L' immersione delle due gomene transatlantiche ha fornito occasione ad una serie di scandagli, che ci fecero anche conoscere con molta esattezza il bacino della parte settentrionale dell' Atlantico. — La forma generale di questo bacino è determinata da un graduale avvallamento dalla costa Europea verso l' Americana. La parte più profondamente scavata giace fra le Azorre, Terra-Nuova e le Bermude; ed il punto più basso che sia stato trovato, riscontrasi a S. E. del banco di Terra-Nuova: la corda di scandaglio vi è discesa a più di 8000 metri, altezza quasi doppia di quella del Monte Rosa. — Più incerti e molto più inesatti sono i dati che possediamo sull' Atlantico Meridionale, dove il Capitano Denham ed il luogotenente Parker cre-

dettero di poter segnalare profondità di 14 o 15 mila metri. Ma l' opinione più accreditata è che lo scandaglio non scenda nell' Atlantico australe al di sotto di 9 mila metri, il che però basterebbe già a dare un' altezza d' acqua maggiore della estrema vetta dell' Imalaia.

L' Oceano Pacifico contiene abissi finora inesplorati. Ma il Capitano Ringgold avrebbe, dicesi, positivamente trovato, in un punto, profondità di 14 chilometri! Immaginando di seppellire in quella voragine il Gaurisankar, la più alta montagna del globo, e poi di mettere sulla sua vetta il Monte Bianco, il colosso dell' Europa, la punta della duplice, sovrapposta piramide non emergerebbe ancora dall' acqua.

Nel nostro Mediterraneo molto vario sono le profondità: — presso lo Stretto di Gibilterra, fra il Capo Trafalgar ed il Capo Spartel, vi è, giusta gli scandagli di Spratt, un rilievo, o mon-

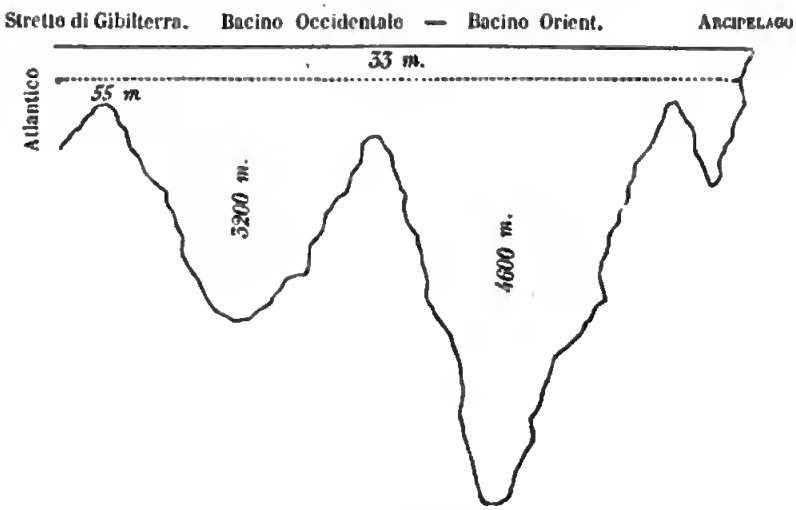


Fig. 13. — Fondo del Mediterraneo.

tagna submarina, dove il fondo non è che di 55 metri. Indi, procedendo ad oriente, va di mano in mano sprofondandosi fino

a 3200 metri, che è la massima profondità del bacino occidentale tra la Sicilia e l'Africa. Ma assai più profondo è il bacino orientale, dove il medesimo Cap. Spratt ha trovato recentemente (fra Malta e Creta) 4600 metri. — La figura 13.ª darà una idea di tutta la generale configurazione del nostro mare.

Secondo un calcolo di W. Herschel, la massa totale delle acque del mare sul globo sarebbe di 3,270,000 miliardi di tonnellate.

Il *livello dei mari* è, in generale, uniforme dovunque, siccome quello che rappresenta la superficie sferica del nostro pianeta e serve di base comparativa ai valori di tutte le altitudini terrestri. A questa regola però fanno una eccezione tutti i golfi e mediterranei aperti a levante; giacchè in quei bacini l'accumulazione delle acque, spinte dal movimento generale delle maree, può determinare un livello alquanto maggiore del comune.

Si è per lungo tempo creduto, sulla fede di inesatte livellazioni, che il pelo dell'acqua sia, nel Mar Rosso, più alto che nel Mediterraneo; ed è noto come da questa supposta circostanza si dedncesse una delle più gravi obbiezioni al progetto di canalizzazione marittima dell'istmo di Suez. È questo un errore, che fu con tutta l'evidenza dimostrato; e percorrendo da Porto Said al golfo Arabico la linea dei lavori, io ebbi la ventura di vedere la grande opera avviarsi a gran passi al suo felice compimento. È del pari stato asserito che il livello del Pacifico a Panama è di 1 metro più alto del livello medio dell'Atlantico a Chagres; e che, al punto dell'alta marea, questa differenza si innalza fino a 4 metri, mentre nella bassa marea è di 2 metri ed in senso inverso. Ma è più che probabile che anche queste asserzioni siano fondate soltanto sopra errori di misura, che gli indefettibili progressi della scienza correggeranno.

Digitized by Google

III.

Meglio della profondità, è conosciuto un altro problema idrologico, quello della composizione delle acque marine. — Una incessante evaporazione trasporta le acque dei mari alla superficie dei continenti. Uscite pure dall' Oceano, le acque pluviali vi ritornano, cariche delle materie saline che hanno sottratto al suolo. Una parte di queste materie semplicemente sospese nella massa liquida, si depongono negli estuari dei fiumi, di cui alzano il fondo, ed in quali proporzioni noi lo vedemmo nella scorsa lezione, e meglio ancora vedremo nella Lezione XXVII. Le parti sciolte vanno ad accrescere la ricchezza minerale delle acque salse.

Giusta gli accurati studi del dotto danese Forchhammer, la quantità media di tutti i sali contenuti nel mare, o, se vuolsi, la *salsedine* delle acque marine, estimata per lo addietro da De Bibra e Bischof a 35,27 parti su mille, è più esattamente di 34,40. Secondo altri ancora più recenti studi chimici, l' acqua marina consterebbe in media di

962,0	parti	d' acqua dolce.
27,1	»	di sal marino, e cloruro di sodio.
5,4	»	di cloruro di magnesio.
0,4	»	di cloruro di potassio.
0,1	»	di bromuro di magnesio.
1,2	»	di solfato di magnesia.
0,8	»	di solfato di calce.
0,1	»	di carbonato di calce.
2,9	»	di residuo non determinato.
Totale 1000,0		

Si può calcolare che la quantità di sal marino esistente in tutti i mari formerebbe, se la si stendesse uniformemente sul globo, *uno strato di più che dieci metri di altezza.*

Il peso medio dell' acqna marina a 20 gradi cent. è di 1027 chilogrammi, per metro cubo, in luogo di 998 chil., peso del metro cubo d' acqua pura alla stessa temperatura.

Ma questi non sono che dati medii. — Ogni mare presenta una salsedine speciale, a secouda delle quantità di materie sciolte, della evaporazione, del vario tributo di acque dolci, della direzione delle correnti, della prossimità o lontananza dai ghiacci polari. — Così la salsedine media del Baltico, mare poco profondo, in cui affluiscono tanti fiumi, non arriva a 5 millesimi; mentre invece il Mar Rosso, nel quale non ginnge un solo corso di acqua dolce, e dove è attivissima l' evaporazione, presenta l' enorme salsedine di 43 millesimi.

Fu osservato che la salsedine del mare è progressivamente minore verso i poli, che verso l'equatore; — ch'essa aumenta, in generale, con la lontananza dalle terre e con la profondità delle acque; — che i mari interni, quali il Baltico, il Mar Nero, il Mar Bianco, il Mar di Marmara, il Mar Giallo sono men salati dell' Oceano. Il Mediterraneo fa eccezione a questa regola, essendo più salso delle masse oceaniche; — differenza che si spiega, considerando che la quantità di acqua dolce che gli apportano i fiumi, è minore di quella che perde per l'evaporazione; d'onde siegue che il Mediterraneo deve aumentare di salsedine col tempo. Il Mar Nero, le cui acque non banno che una densità di 1,013, riceve, al contrario, pei fiumi, nna massa d'acqua dolce maggiore di quella cho se ne esali sotto forma di vapore; e la sua salsedine è quindi di metà circa minore di quella dell'Oceano. Il Mare d'Azof ed il Caspio sono ancora meno salati dell' Eusino. Le analisi, fatte dal sig. Roux, delle acque del Mare Morto raccolte presso alle foci del Giordano, diedero 200 grammi di sali per litro. Non v'ha al mondo acqua minerale così carica di sostanze saline. La quantità di bromuro di magnesio del lago Asfaltide è di 0,gr. 35 per litro; talchè il Mare Morto è il più ricco deposito di bromuri che esista, e potrebbe utilmente servire alla medicina, che fa tanto uso di quella sostanza. Le acque del gran lago di Utah e

quelle del lago persiano di Urmia presentano salsedini del pari straordinarie. La proporzione dei sali, in quest' ultimo, è sei volte maggiore che nell' Oceano; un uomo vi galleggia facilmente, senza fare il menomo movimento e senza assumere la posizione, ben nota a noi nnotatori sotto il nome di *fare il morto.*

Un fatto assai singolare, si è che il Mare del Sud e l' Oceano Indiano contengono una proporzione di materie saline inferiore di circa un millesimo a quella dell' Atlantico, sebbene quest' ultimo Oceano riceva una maggiore abbondanza di acqua dolce di tutti gli altri Oceani insieme, e vada soggetto ad una evaporazione molto meno energica del mare delle Indie. Forse ciò dipende dacchè i mari australi ricevono dal polo antartico una maggiore quantità di ghiacci fluttuanti, la cui acqua perfettamente dolce è poi dalle correnti portata all'Oceano indiano; ed in parte ancora dacchè i grandi fiumi dell' America portano, in una con le loro acque, una immensa massa di detriti, di sali e di terre.

Oltre alle summentovate sostanze che formano la principal parte delle materie sciolte nello acque marine, queste contengono ancora molti metalli, come il ferro, il rame, il piombo, l'argento. È stato calcolato che la massa di argento esistente così in tutti gli Oceani superi di gran lunga non solo quella che il mondo civile possiede dopo la scoperta dell'America; ma quella eziandio che probabilmente contengono ancora le vene metallifere del Messico e del Perù, sebbene A. di Humboldt abbia detto che queste contrade riposano su fondamenta d' argento.

IV.

Intimamente collegato con la composizione delle acque marine è un altro fenomeno che studia la Geografia fisica del mare, la sua colorazione. Il sig. Maury pensa che sull' azzurro berillino colore dell' Oceano eserciti una grande influenza il grado della sua salsedine. Il *Gulfstream,* la grande corrente messicana, di cui do-

vremo occuparci tra breve, è certamente di una salinità più forte ed insieme di un azzurro più cupo delle acque limitrofe. Del pari, il Mediterraneo, superiore all' Atlantico nella sua ricchezza salina, offre quella stupenda tinta di oltremare, alla quale noi ci siamo alla lunga abituati, ma che fa una sì profonda impressione sull' animo di coloro che sono nati in riva ai mari settentrionali, il cui perpetuo colore è un verde glauco. E chi ha veduto lo acque, ancora più di quelle del Mediterraneo cupamente azzurre, del Golfo Arabico e dell' Oceano Indiano, si è sentito fortemente inclinato a dar ragione all' eminente geografo americano.

D' altra parte però, un insigne fisico e viaggiatore inglese, il Sig. Tyndall ha osservato che una folla di laghi, nei quali l' analisi non scopre pur una particella di cloruro di sodio, sono dotati di un colore azzurro, che rivaleggia con quello del Golfo di Genova e della grotta di Capri. Egli pensa che le diverse gradazioni dello tinte acquee sono dovute principalmente alla maggiore o minore quantità di corpuscoli in sospensione, sui quali viene a colpire la luce.

I naviganti traversano spesso lunghe striscie marine verdi, rosse, bianche o gialle, le cui tinte sono dovute a crostacei microscopici, a Meduse e Zoofiti, a piante marine, o talora a fanghiglie apportate dai fiumi.

Il *Mar Rosso,* che è impropriamento chiamato tale nella sua parte più settentrionale, dove io lo vidi cupamente azzurro, deve la rosea colorazione, che assume altrove, ad un' aliga microscopica, il *Trychodesmium erythreum;* come il *Mar Vermiglio* di California sembra ripetere da una analoga cagione la speciale sua tinta.

La presenza degli scogli è sovente attestata all' abile pilota dalla cupa colorazione, che le acque rivestono; quelle, per esempio, della baia di Loango diventano fortemente rossastre, pel riflesso del fondo, che ha appunto questo colore.

Non meno varia della colorazione, è la trasparenza delle falde d' acqua marina. Sembra che sia sotto le latitudini polari che lo

sguardo dell' uomo può scandagliare fino alla maggiore profondità; poiché Scoresby, il coscienzioso esploratore dell' Oceano Artico, ci informa di aver potuto talora scorgere il fondo di quello oceaniche regioni a più di 130 metri dalla superficie. Ma nelle latitudini tropicali è ben altrimenti grande la bellezza dello spettacolo. Quando la nave scorre su quei tepidi mari, è un vero rapimento il contemplare dalla prora il letto marino, tutto coperto di verdeggianti o rosee alghe, che ondeggiano mollemente, e una folla di pesci e di molluschi dalle più strane forme, dai più vivi colori, che riposano tranquilli o guizzano come freccie tra l' onda azzurra.

A ciò si riannette un altro fenomeno che ognora colmò di stupore e di ammirazione tutti coloro che ne furono testimoni: la fosforescenza del mare. Esso deriva, in parte, dalla putrefazione e decomposizione di molte materie organiche, sospese nell' acqua dell' Oceano, in parte da una grande varietà di minutissimi animali, alcuni molli e gelatinosi, altri crostacei, che mandano un vivo fulgore, specialmente se le acque in cui nuotano vengano scosse ed agitate. Un dotto vivente, il Sig. Georgio Marsh, ha osservato che la fosforescenza del mare dovette essere forse ignota agli Antichi, giacchè nè in Omero nè in altri dei loro grandi pittori della natura ne è fatto il menomo cenno. E da questo silenzio il valente scienziato americano trae argomento ad una arguta induzione: non è egli possibile (chiede egli) che gli animaletti, dai quali il fenomeno è prodotto, siansi immensamente moltiplicati, a seguito della distruzione dei loro nemici per opera dell' uomo, a seguito cioè della pesca, per cui più frequente e più brillante che nella classica antichità si mostra a noi il loro fosforico splendore?...

V.

Fra le numerose questioni relative alla fisica del mare, quella della temperatura nei più profondi suoi strati sarà sempre una

delle più ardue a risolversi. — Ciò che si è potuto agevolmente riconoscere, si è che le falde più superficiali offrono a un dipresso un calore medio eguale a quello dell' atmosfera sovraincumbente; e che dal punto di congelaziono sotto i poli, la temperatura delle acque s' innalza abbastanza regolarmente a 20 e a 25 gradi sotto i tropici, ed anche a 30 gradi presso le isole Gallapagos, ed a più di 32 gradi nel Mar Rosso e nell' Oceano Indiano; ma, quanto alla legge di aumento o di diminuzione dalla superficie agli strati inferiori, sarebbe, nello stato attuale della scienza, imprudente consiglio il volerla formulare, troppo rari essendo finora e poco precisi ed assai fra loro discordanti i dati fornitici dalla osservazione.

James Ross credeva di avere scoperto questa legge. — L' illustre navigatore affermava che le liquide falde delle acque equatoriali si vanno gradatamente raffreddando dalla superficie in giù, fino a 2,200 metri, profondità alla quale il termometro indica + 4 gradi centigradi. A misura che ci allontaniamo dall' equatore, la falda superficiale perde del suo calore, il limite dei 4 gradi si rialza verso la superficie, ed in prossimità del circolo polare esso finisce per toccare il livello, il pelo dell' acqua. Al di là e accocostandosi all' uno ed all' altro polo, le acque superiori continuano ad essere di più in più fredde; ma in compenso, la temperatura si aumenta nel senso verticale, e lo strato delle acque a 4 gradi si abbassa a poco a poco fino ad una profondità di 1,400 metri. Ammettendo coi fisici del suo tempo che l' acqua di mare abbia la sua più grande densità e, per conseguenza, il suo massimo peso relativo a 4 gradi sopra il punto di congelazione, James Ross ne concludeva che tutte le acque profonde riposanti sul letto del mare hanno uniformemente questa medesima temperatura di 4 gradi, e in virtù del loro peso specifico si sono precipitate al di sotto di tutte le altre falde più calde o più fredde.

Ma Neumann ed altri scienziati hanno recentemente dimostrato che, se la massima densità dell' acqua dolce corrisponde realmente

a 4 gradi centigradi, l'acqua marina non raggiunge questo massimo peso, se non a meno di due gradi al di sotto dello zero; e quindi tutta la teoria di Ross, peccando per la base, è caduta. Il professore Edlund di Stoccolma ha potuto, non ha guari, accertarsi che, nel Baltico e sulle coste occidentali di Norvegia, il ghiaccio si forma ordinariamente al fondo, ove le acque sono al tempo stesso più fredde e più pesanti; e varie osservazioni riferite nel *Weather-Book* di Fitz-Roy ci assicurano che nei mari polari trovansi a grandi profondità liquide falde con una temperatura inferiore a 4 gradi.

Un fatto importantissimo che per ora mi contenterò di accennare, ma sul quale ritorneremo più diffusamente allorquando, nella Meteorologia, tratteremo delle linee isotermiche (*V. Lezione XII*ª), si è la proprietà che hanno i mari di conservare una temperatura media più uniforme e più costante di quella dei continenti. Ragione per cui, in generale, le contrade marittime hanno estati meno canicolari e meno rigidi inverni, delle regioni interterranee.

VI.

La temperatura dei mari, specialmente nelle alte latitudini, è profondamente influenzata dall'esistenza e dal movimento dei ghiacci fluttuanti, degli *Icebergs*, la cui presenza è spesso cagione di grandi pericoli pei naviganti.

Questi ghiacci non discendono guari al di sotto del 45° grado di latitudine nel nostro emisfero Nord; e per le coste N. E. dell'America provengono dai lidi della Groenlandia, mentre nel Pacifico settentrionale sono fornite dal Kamtsciakà e dal mare di Okotsk.

Nell'Oceano dell'emisfero Australe, più freddo del nostro, i ghiacci natanti si incontrano su tutti i meridiani. Sul 35° grado di longitudine, essi penetrano fino alla latitudine del Capo di Buona Speranza; vale a dire ad una latitudine meno alta di quella che nel

nostro emisfero ha lo Stretto di Gibilterra. Il che vuol significare che, se il clima generale dell' Emisfero Nord fosse identico a quello dell' Emisfero Sud, noi avremmo i ghiacci natanti nel nostro mare Mediterraneo. — Egli è sovratutto dal mese di novembre a quello di aprile (l' estate dell' emisfero australe), che si è più esposti ad incontrarli. Il Sig. Towson ne ha fatto l' oggetto di uno studio speciale, che fu pubblicato per cura del *Board of Trade*. Carlo Lyell nei suoi *Principles of Geology* parla di un *Icebergs* veduto presso il Capo di Buona Speranza, alla latitudine di 39° 13′ ed alla longitudine orientale di 48° 46′, che aveva due miglia di circuito e 150 piedi di altezza. Altri si adergono da 250 a 300 piedi sul livello del mare, sicchè il loro volumo deve essere ben maggiore al di sotto, — giacchè è provato da molte accurate osservazioni che, per ogni piede cubico veduto al di fuori, vi devono essere almeno 8 piedi cubici sott' acqua.

VII.

L' Oceano, geograficamente considerato, partisce il globo in due grandi masse continentali, l' una formante l' emisfero orientale, più vasta e di più svariate forme, — l' altra, che costituisce l' emisfero occidentale, più angusta, più oblunga e sensibilmente parallela alla linea dei poli.

Da un lato, questi due continenti sono l' un dall' altro divisi dall' Oceano Atlantico, che stendesi da Nord a Sud, dall' uno fin quasi all' altro circolo polare, e da cui l' Oceano Artico, o il bacino polare settentrionale non è separato per alcuna ben definita linea di confine. Dall' altro lato, l' Oceano Pacifico si frappone ai due continenti. L' Oceano Artico occupa gran parte del circolo polare dello stesso nome. Una quarta massa oceanica è formata dall' Oceano Indiano, limitato ad occidente dalle coste Africana ed Arabica, a settentrione dai lidi meridionali d' Asia, a oriente dalle frastagliate sponde di Sumatra, di Giava, dell' Arci-

pelago Indiano e della costa Australica. Ognuno di questi ultimi grandi corpi di mare comunica, senza alcuna naturale barriera, coll' Oceano Meridionale o Antartico, quinta divisione, cho probabilmente si stende fino al polo australe, al di là delle irte ghiacciaie scoperte dal Cap. Ross, o che abbraccia tutta l' area limitata dai grandi circoli tracciati fra il Capo Horn, il Capo di Buona Speranza e lo Stretto di Bass.

Dai 14 o 15,000 metri, profondità massima dell' Oceano, fino agli 8000 circa metri, altezza massima dei continenti, la differenza è di circa 22000 metri, ossia quasi 5 leghe da 25 al grado; ciò è già la 200ª parte del raggio medio della terra, e precisamente il valore dello schiacciamento polaro del globo.

Il volume delle acque di tutti gli Oceani, rapportato a quello della terra intera, ne è la 4800ª parte. È circa il 100mo del volumo della luna. Una sfera formata di quel liquido, avrebbe 170 leghe di diametro, il quale sarebbe da 16 a 17 volte più piccolo di quello della terra.

La massa dello acque oceaniche rapportata alla massa del globo, la cui media densità è 5 volte più grande, sarà dunque il 5.to della frazione $1/_{4800}$, vale a dire sarà espressa con la frazione $1/_{24000}$. In altri termini, il peso del globo è 24000 volte il peso dell'Oceano. Era necessario (come i geometri hanno provato) che l' Oceano fosse una così piccola frazione della terra intiera *(in massa)*, affinchè non ne potesse turbare l' equilibrio in modo sensibile e permanente.

Il quadro seguente riassume i principali elementi geografici dei cinque Oceani fondamentali.

OCEANI	CONFINI	MARI DIPENDENTI	OSSERVAZIONI
Oceano Artico OSSIA Bacino Boreale	Si stende attorno al polo boreale, ed è limitato dai lidi settentrionali d'America, d'Europa e d'Asia, non che dal circolo polare Artico negli spazi interposti ai continenti.	Baia di Baffin. Mare Bianco. Golfo di Kara. Golfo di Obi.	È messo in comunicazione coll'Oceano Pacifico mercè dello stretto di Behring, largo 88 chil., che fu scoperto nel 1778 dal danese Vito Behring, a'servizi della Russia. I principali navigatori che esplorarono l'Oceano Artico sono: Hudson, nel 1607; Philips o Mulgrave, nel 1773; e nel secolo nostro i cap. Ross e Parry.
Oceano Antartico OSSIA Bacino Australe	Si stende attorno al polo australe fino al circolo antartico.	Ignoti.	Poco si sa di questo vasto bacino, la cui navigazione è impedita da immense barriere di ghiaccio. Il Cap. Ross penetrò, nel 1841, fino a 78° 4' di latitud. australe.
Oceano Atlantico OSSIA Bacino Occidentale	Limitato ad occidente dall'America; ad oriente dall'Europa e dall'Africa; a borea dall'Oceano Artico; a mezzodì dall'Oceano Antartico; è diviso in due dall'equatore.	Baltico, co' suoi golfi. Mare Germanico Mediterraneo. Mar Nero. Baia d'Hudson Golfo del Messico. Mare dei Caraibi.	Area di circa 30,000 miglia geogr. quad. – Colombo lo traversò primo nel 1492. – Profondità media dell'Atlantico 4,800 metri. Il Mediterraneo ha 3,200 chilom. di lunghezza da Gibilterra ai Dardanelli; massima larghezza, 1,000 chilom.; minima (tra Sicilia ed Africa) 130 chilometri.
Oceano Pacifico OSSIA Bacino Orientale	Compreso tra l'America, a levante; l'Asia, le isole della Sonda, l'Australia, a ponente; il circolo Artico a borea; l'Antartico a mezzodì; e diviso in due dall'equatore.	Mare di Cina. Mare Giallo. Mare del Giappone. Mare di Okhotsk. Mare del Kamsciakà. Str.° di Behring. Golfo di California. Baia di Panama.	Area doppia dell'Atlantico. Veduto da Colombo dalle alture della Sierra di Quarequa; scoperto e nomato da Vasco Nuñes de Balboa nel 1513; navigato la prima volta dal portoghese Ferdinando Magalahens nel 1497.
Oceano Indiano OSSIA Bacino Sud-Orientale	Limitato dall'Africa a ponente; dalle Isole della Sonda e dall'Australia a levante; dall'Asia meridionale a nord; dal circolo Antartico a sud.	Mar Rosso. Golfo d'Oman. Golfo Persico. Baia di Bengala.	Area tre quarti dell'Atlantico; forma di un triangolo, il cui vertice a nord; notevole per gli uragani ed i monsoni; navigato dagli Europei dopo il passo di Buona Speranza, operato da Vasco di Gama nel 1497.

LEZIONE X.

Il Mare

(*Segue*)

SOMMARIO.

Tre specie distinte di movimenti del Mare. — Moto ondoso; sua teoria: Leonardo da Vinci. — Altezza delle onde nei vari mari. — Onde di Tempesta. — Onde di Fondo. — Profondità dei moti ondosi del mare. — Le correnti marine. — Loro varie cagioni; Calore solare. — Evaporazione. — Forma sferoidale della Terra. — Rotazione diurna del Pianeta. — Teoria generale delle correnti. — Metodi per riconoscere e misurare le correnti. — La Deriva. — Le Bottiglie. — Il termometro. — La vita nell' Oceano e sua influenza sulle correnti marine.

I.

Signori.

Noi intraprendiamo oggi lo studio della parte scientificamente più importante e filosoficamente più bella della Geografia Fisica del Mare, lo studio, voglio dire, dei movimenti dai quali la massa oceanica è animata.

Questi movimenti si dividono in tre distinte categorie: *Ondulazioni*, ossia movimenti di origine principalmente atmosferica: — *Correnti*, o movimenti di origine propriamente marittima; — e *Maree*, o movimenti di origine principalmente astronomica.

« Infido elemento, » ecco il poco lusinghiero saluto che l'uomo di tutti i tempi ha mandato all' Oceano; e « instabile come il mare » è un proverbio che si riscontra in tutti gli idiomi. Nelle parti dell' Oceano che bagnano l' Europa occidentale egli è ben raro infatti che la superficie marina sia compiutamente calma. Si è quasi unicamente, osserva il Sig. E. Reclus, nel Mediterraneo e negli altri bacini interni a piccola marea, che, duranti le belle giornate, la faccia delle acque sembra divenuta totalmente immobile, e che gli oggetti fluttuanti vi si specchiano come in un lago: allora il mare brilla come un largo piano d' argento o d' acciaio; fuggitivi miraggi appariscono, come per incanto, all' orizzonte; l'*acqua si guarda,* dicono allora i pescatori; ma quello non è che uno stato momentaneo e passeggiero. Bentosto, sotto l' impulso del vento o sotto la pressione laterale di onde che furono sollevate da lontane tempeste, la superficie del mare s' increspa e si agita di bel nuovo, le *mille voci* dei flutti, delle quali parlano i canti omerici, riprendono il loro immenso concerto, i marosi si rotolano regolarmente, oppure si urtano e si incrociano confusamente, a seconda delle variazioni dell' atmosfera. Anche duranti le calme, le pieghe suscitate da venti anteriori continuano a svilupparsi attraverso l' Oceano in lunghe ondulazioni. Egli è uno dei più imponenti, dei più sublimi spettacoli del mare quello delle gonfie ondate, succedentisi in ordine sotto un aere perfettamente quieto, quando neanco un' aura scuote le vele dei bastimenti. Alte, azzurre e senza spuma, le possenti masse succedonsi a 2 o 300 metri d' intervallo, e, cacciate innanzi da altre ondate, vanno a perdersi lontane nello spazio interminato.

Io non entrerò qui certamente in una minuta disamina delle profonde speculazioni, alle quali ha fornito argomento il fenomeno della ondulazione marittima. Chi volesse avere di esse piena notizia, potrà soddisfare ampiamente la sua curiosità, leggendo una dotta opera pubblicata l' anno scorso in Roma dal Comm. Alessandro Cialdi, intitolata *Sul Moto ondoso del Mare,* opera che, se fosse stata scritta in francese, in inglese od in tedesco, gli Italiani lo-

derebbero e conoscerebbero certamente meglio (strana fatalità invero!) di quello che facciano, sol perchè l' Autore ha il torto imperdonabile di essere un loro concittadino.

Tra le altre bellissime cose che io leggo in questa opera del Cialdi, non voglio passar sotto silenzio la rivendicazione ch' egli fa del merito dell' immortale Leonardo da Vinci, di colui che fu (giusta l' Addison) l' *uomo il più completo che fosse mai*, ed il quale, sommo pittore, valentissimo scultore, architetto esimio, creatore nella musica, fu eziandio versatissimo in pressocchè tutte le scienze nel suo tempo coltivate. Nella sua opera *Del moto e misura delle Acque*, Leonardo, molto prima di Newton, di De La Hire, di Laplace, di Lagrangia, di Biot, di Poisson, di Cauchy, si occupò seriamente di questa parte della idrodinamica, e si può dire anzi ch' ei ne gettasse le prime scientifiche fondamenta.

Le onde del mare non costituiscono già un vero e materiale trasferimento delle molecole in moto, ma risultano da alzamenti ed abbassamenti alternativi, che si comunicano da una molecola all' altra, senza dar luogo ad alcun movimento propriamente progressivo.

L' onda in istato normale può considerarsi come composta di due piani egualmente inclinati. Quindi è che (come osservarono Bremontier e Virla) un bastimento od un galleggiante qualsiasi nell' ascendere l' uno e nel discendere l' altro di quei piani, si trova, per la legge della gravitazione, ritardato ed accelerato in modo che, se altra causa qualunque non lo spinga, deve restare nello stesso punto, senza partecipare al moto di propagazione dell' onda.

Se e fino a qual punto possa il moto ondoso di oscillazione complicarsi talvolta con un vero moto di trasporto, e quali siano le leggi matematiche dalla osservazione e dalla analisi assegnate all' ondeggiamento del mare, sono questioni che escono dal programma assegnato alla fisica del globo propriamente detta.

Qual' è l' altezza massima a cui si sollevano le onde? — La questione è stata molto dibattuta fra i Geografi ed i navigatori;

e in generale il volgo è disposto a darle dimensioni maggiori del vero. Ciò che è certo si è che questa altezza è tanto maggiore quanto più profondo è il bacino, quanto è la superficie più vasta, epperò più liberamente percorsa dai venti, e quanto l'acqua, meno salata e, per conseguenza, meno pesante, cede più facilmente all'impulso delle correnti atmosferiche. I flutti del Caspio sono più piccoli di quelli del Mediterraneo, i quali, a volta loro, sono meno alti di quelli dell'Atlantico, o questi ultimi sono superati da quelli del Grande Oceano.

L'ammiraglio Smith ha assegnato alle onde di tempesta nel Mediterraneo un'altezza da 4 a 5 metri ed anche 5 $^1/_2$ al di sopra dell'ima incavazione; egli vide però onde affatto eccezionali alzarsi a 9 metri; ma, in media, i marosi suscitati dai grandi venti hanno soltanto, in questo mare, da 3 a 4 metri.

Nell'Atlantico settentrionale, in un viaggio che il celebre navigatore Scoresby fece nel 1847 da Liverpool a Boston, misurò onde la cui altezza verticale era di 8 e 9 metri, e la media delle sue osservazioni gli diede, per le grandi ondate, l'altezza di 5^m 80. Al suo ritorno nel 1848, trovò una media di 9^m 14, ed alcune onde si alzarono a 13^m 10 sopra il più profondo intervallo.

Le onde sono più alte nell'Atlantico meridionale, dove molti navigatori videro l'acqua adergersi in creste di 15, 16, e 18 metri, specialmente presso il Capo di Buona Speranza. Dumont d'Urville affermava persino d'avervi incontrato onde di 33 metri di altitudine, al fondo delle quali il suo vascello scendeva come in una valle.

II.

Una osservazione degna di nota, si è che non avviene sempre durante le più violente tempeste, che si formino le onde più alte. Allora, al contrario, le masse aeree, precipitandosi obliquamente sui marosi, sembrano deprimerli e quasi direi schiacciarli. — Il

pericolo che corre il nocchiero non è già in ragione dell' altezza dell' onda, ma bensì della sua irregolarità; talchè le onde corte e ripide e tumultuose dei piccoli e bassi mari sono dal pilota assai più temute dei lunghi rivolventisi cavalloni dell' Oceano; ed Alessandro di Humboldt afferma, forse con un tantino di iperbole, di ritenere come più pericolosa una traversata del lago Lemano in procella, che quella dell' Atlantico.

I flutti che agitano e commuovono la superficie dell' Oceano, denno distinguersi dalla cosidetta *Onda di fondo,* che è prodotta dalla lunga continuazione di una forte burrasca e che si propaga poi attraverso l' Oceano, molto lungi dai luoghi ove si esercitò la diretta influenza dell' uragano, che l' ha originariamente determinata. Il Capitano Beechey ha calcolato che vi sono, nel Pacifico meridionale, onde di fondo provenienti da più di 1000 miglia, sede della primitiva tempesta, a sollevare la liscia e lucida superficie del mare. Accade talvolta che un' onda di fondo venga da una parte direttamente opposta al vento; e talora due o più di queste immani onde subacquee arrivano da diversi punti dell' orizzonte, producendo un immenso commovimento del mare in mezzo ad una calma profonda, senza pur turbarne con lieve increspamento la superficie; sicchè il marinaio resta incerto se questi *araldi della tempesta* lo avvisino fedelmente della direzione da cui la procella è partita. Che se poi all' onda di fondo si accoppia una *attuale* burrasca, la scena di orrore raggiunge allora il suo colmo. È tale in quei frangenti la forza dei marosi, che le più salde rupi non reggono al loro urto furibondo e rimbalzano spezzate in frantumi. Giovanni Herschel e Maria Somerville citano molti esempi di questa tremenda opera di distruzione: nell' isola di Man, una grossa pietra che pesava 150 libbre inglesi, fu staccata dalla roccia e portata entro terra durante una tempesta di Nord-Ovest; — nelle Ebridi, un blocco del peso di 42 tonnellate, fu rimosso di alcuni piedi dalla forza dei flutti. Il faro di Bell-Rock, nel mare Germanico, sebbene torreggi a 112 piedi, è tutto insino alla cima sepolto da bianchi sprazzi di spuma in certe furiose burra

sche. Presso Madras, in India, dove il maroso frange a quattro o cinque miglia dall' orlo della spiaggia, l' aria è talvolta impregnata di particelle saline sino a 50 miglia entro terra.

Le trombe d' acqua che nelle grandi tempeste avvolgono il faro di Eddistone in Inghilterra, e si slanciano fino a 25 metri al di sopra del fanale, hanno almeno 2 o 3000 metri cubici di volume e pesano quanto un enorme vascello a tre ponti.

Riserbo alla mia XXIII^a Lezione il parlare di una specie affatto particolare di onde, le quali si sollevano durante i terremoti.

Un' altra questione relativa alle onde è stata molto studiata dai fisici: a quale profondità negli abissi del mare penetra l' azione del flutto superficiale? Fino a quanti metri al di sotto del pelo d' acqua può essere rimescolata la sabbia dei bassi fondi? — Si riteneva un tempo come indubitato che l' agitazione cessi di farsi sentire a 8 o 10 metri al di sotto della superficie. Ma le osservazioni fatte direttamente e in più luoghi dai naviganti hanno provato che questa opinione è affatto erronea. Essi videro più volte frangersi le onde sugli scogli giacenti a 20, 30 e sino a 50 metri di profondità, indizio certo che quelle rupi subacquee erano per le onde un ostacolo, che impediva il loro libero progresso. Più frequentemente ancora videsi, sia durante le violenti procelle, sia dopo di esse, l' acqua tutta carica di argilla o di fango sollevato da bassi-fondi di 100, 150 ed anche 200 metri inferiori al livello del mare. Finalmente le accurate esperienze di Weber sui movimenti ondosi hanno provato che ogni onda propaga la sua azione nel senso verticale fino a 350 volte la sua propria altezza. Per lo che un flutto di 30 centimetri soltanto rimescola il letto del mare del Nord, le cui più profonde fosse non sono che di 100 metri; ogni cavallone oceanico di 10 metri si fa sentire a 3 chilometri e $^1/_2$ inferiormente alla superficie. Conviene osservare però che in quei profondi abissi l' azione dell' onda è ridotta alle minime proporzioni, poichè Weber stesso ha dimostrato che al di sotto della superficie essa decresce in proporzione geometrica.

III.

Ma io qui non voglio entrare ancora a favellare delle leggi delle tempeste, di cui dovremo a lungo occuparci in altra Lezione, dopo che dalla fisica del mare saremo passati a quella dell' atmosfera. Veniamo dunque alla seconda categoria di movimenti marini — alle Correnti.

In tutti i tempi, i popoli navigatori hanno osservato l' imponente fenomeno di quelle traslocazioni regolari e continue di grandi masse d' acqna, che si portano sempre verso una data direzione, come se andassero a versarsi in fondo a qualche sconosciuto abisso; ma gli Antichi, contentandosi di attribuire questo fenomeno alla misteriosa azione di mostri, di divinità, di Sirene, di Circi, o di scogli incantati, che attiravano le navi e le facevano naufragare, non si curarono poi di ricercarne le fisiche vere cagioni. — Lo averle trovate, scoprendo le belle leggi che governano la circolazione oceanica, è una delle più splendide glorie della scienza moderna.

Alcune sono affatto locali e danno luogo a vortici, come quelle le quali producono presso le isole Lofoden, il gurgite del Malstroem, così stupendamente descritto in uno dei *Racconti Maravigliosi* dello sventurato Americano Edgardo Poe.

A produrre le correnti contribuiscono numerose cause di varia natura, la cui azione qualche volta si somma, tal altra si differenzia: — vi concorre il calore solare, il grado di salsedine, il vento, la forma e la rotazione della terra e qualche altra secondaria cagione; e per meglio abilitarci a determinare la parte d' influenza che spetta a tutte queste forze, noi le passeremo distintamente in rassegna.

La più potente di queste forze è, senza dubbio, il calor solare, sotto la cui azione l' acqua, al pari di tutti gli altri corpi, si dilata. Un metro cubo d' acqua pura a 4° pesa 1,000 chilo-

Digitized by Google

grammi. A 28 gradi, temperatura che la superficie dei mari raggiunge presso l' equatore, un metro cubo d' acqua pura non pesa più che 996 chilom.; — 4 chilom. sono usciti dal metro cubo, per effetto della dilatazione. L' acqua di mare si dilata pel calore presso a poco come l' acqua pura. Se prescindiamo ora dalle altre cagioni che influiscono sul fenomeno, e teniam conto soltanto della differenza di temperatura, è facile comprendere ciò che deve accadere nell' economia oceanica. L' acqua più calda, più dilatata, più leggera dell' equatore tende a svilupparsi (come i fogli di un libro che si apre) in due falde superficiali nella direzione dei poli AA (*Fig.* 14); — le acque polari, più fredde, più dense e più pesanti, scorrono negli strati inferiori a queste falde (BB), dirigendosi verso l' equatore per pigliarvi il posto delle acque calde trasportate verso i poli; e così l' equilibrio dell' Oceano, continuamente turbato, viene perpetuamente ristabilito.

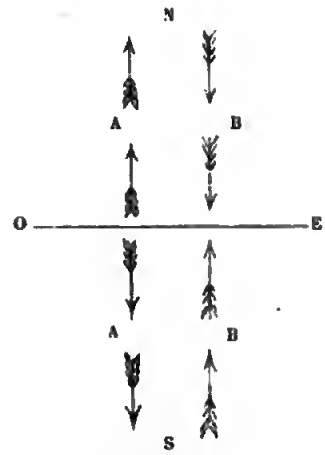


Fig. 14.
Influenza della temperatura sulle Correnti equatoriali e polari.

Ma la terra non è nè immobile nè perfettamente sferica. Essa è animata da un moto di rotazione da ponente verso levante, che le fa compiere un giro intero sopra il suo asse nel periodo di circa 24 ore. Se non che, essendo la terra uno sferoide schiacciato ai poli e rialzato all' equatore, ne siegue che, onde nell' accennato intervallo di tempo l' intera massa terrestre possa compiere una rivoluzione intera sul proprio asse, fa d' uopo che le velocità dalle quali sono animati i vari punti della sua superficie, sieno molto diverse fra loro; di guisa che tutti i punti situati sull' equatore, ove la distanza dall' asse è massima, siano sollecitati da una velocità pure massima, e vadano man mano diminuendo le velocità di tutti i punti man mano più lontani dall' equatore e più vicini ai poli, ove la velocità è zero.

È facile vedere gli effetti che questa doppia influenza del moto diurno e della forma sferoidale del globo deve determinare nelle correnti. Le acque equatoriali, nell' atto di dirigersi sui poli, passano da paralleli più grandi e più veloci a paralleli di più piccolo diametro e di minor momento rotatorio; quelle acque quindi sono dotate di un movimento maggiore di quello dei punti del globo sui quali vanno successivamente passando, epperò sono sempre *in avanzo* sulla rotazione generale della terra verso levante. Indi è che se al momento di lasciare l' equatore, si dirigevano normalmente ai poli, bentosto queste correnti devono assumere una crescente inclinazione, che nell' emisfero boreale sarà verso il N. E., e nell'emisfero australe verso il S. E.

Le correnti polari, per la ragione dei contrari, devono subire una opposta modificazione. Abbandonando il polo, erano normali all' equatore; ma, siccome passano successivamente da paralleli di più piccolo diametro e forniti quindi di una velocità minore, in paralleli di più grandi dimensioni e velocità, quindi è che man mano che si avanzano, sono *in ritardo*, a paragone della rotazione generale del pianeta terrestre; e la loro direzione, da perpendicolare ch' ella era, deve divenire obliqua ed inclinata all'Equatore, da N. E. verso S. O. nell'emisfero Nord, da S.E. verso N.E. nell' Emisfero Sud.

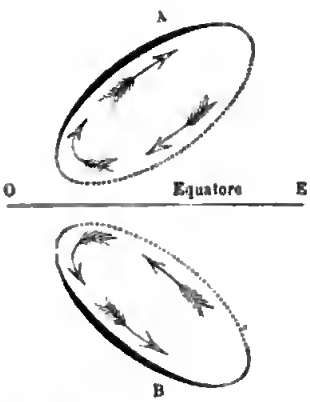


Fig. 15. — Influenza della forma e della rotazione della Terra sulle Correnti.

La figura 15 porge una idea della circolazione che si dovrebbe produrre sotto l' azione di queste cagioni, se esse fossero sole ad operare.

Le linee piene indicano le correnti superficiali dall' equatore E O verso i poli A e B; le linee punteggiate, le correnti profonde di ritorno dai poli all' equatore.

IV.

Ma queste (che possiamo chiamare *Correnti teoriche*, prodotte dalla sola azione del calore, combinata con quella della rotazione terrestre) sono in vario senso modificate da altre componenti. — E primatutto, dal differente grado di salsedine delle plaghe marine.

Nelle regioni equatoriali, ove la temperatura è più alta, più energica ancora è, per conseguenza, l'evaporazione; e siccome questa evaporazione non toglie al mare che l' acqua pura, ha quindi naturalmente per effetto di aumentare la salsedine delle acque superficiali, epperò di accrescerne la densità, quella densità medesima che il calore con la conseguente dilatazione tenderebbe, dal canto suo, a diminuire. — Un fenomeno inverso si produce nelle alte latitudini, dove l' evaporazione è molto meno attiva, e dove viene, al contrario, a condensarsi ed a cadere in pioggia ed in neve una parte del vapore fornito dalle regioni equatoriali e colà trasportato dai venti.

In generale, adunque se, da una parte la legge delle temperature dovrebbe darci all' equatore un' acqua più leggiera e di mano in mano un' acqua più densa procedendo verso i poli, — dall' altra parte però, la legge delle evaporazioni e quella perciò della salsedine ci dà una maggior densità all' equatore, che ai poli. La risultante di queste due forze contrarie sarà la differenza fra la loro energia, fra la loro intensità.

A ciò si aggiunga che il ghiaccio formato nei mari polari contiene quasi esclusivamente acqua pura; il che naturalmente aumenta la salsedine degli strati subgiacenti, mentre la fusione dei ghiacci diminuisce la salinità degli strati superficiali.

Un' altra cagione che influisce sul grado di salsedine epperò sulla densità delle acque marine, è la quantità più o meno grande di crostacei in esse viventi. Le conchiglie, i coralli, l' infinita

famiglia degli animali forniti di involucro calcare, alimentano questa loro corazza con sostanze saline, sottratte all' acqua del mare. Basta l' esistenza di uno di quegli immensi banchi di corallo ond' è tutta seminata la Polinesia, e dei quali dovremo a lungo occuparci nella nostra XXVI^a Lezione, per determinare notevolissime deviazioni nella legge generale delle correnti. Ora, siccome in generale la vita animale è maggiormente profusa nelle regioni equatoriali che non nelle polari, così abbiamo qui una nuova cagione perturbatrice o modificatrice, che tende a diminuire la densità delle acque equatoriali, e ad agire così nel senso del calore e nel senso contrario alla evaporazione.

Da tutte queste cagioni, insieme riunite e combinate, risulta che la densità dell' acqua, presa alla superficie dell' Oceano, aumenta lentamente dall' equatore fino al 30° o 35° grado di latitudine. Da questo limite in poi, succedono varie oscillazioni; ma, in generale, benchè più lentamente ancora, la densità aumenta fino al 66° di latitudine Nord ed al 53° di latitudine Sud, dove raggiunge il suo massimo. Al di là, la densità invece di aumentare, diminuisce.

Se ora ripigliamo il filo del nostro ragionamento, al punto in cui lo avevamo condotto quando tracciavamo la figura delle *correnti teoriche*, e se trascuriamo l' influenza dei venti, di cui parleremo tra breve, troviamo che, invece di una sola circolazione per ogni emisfero, quale l'avevamo figurata tenendo conto della sola azione calorifera, ne avremo due, ch' io raffigurerò nel modo seguente (*Fig.* 16). Dall' equatore ai poli vi sarà una corrente superficiale, fino al 66° parallelo nell' emisfero boreale e fino al 35° parallelo nell' emisfero australe. Giunta a questo punto, la corrente si sommergerà, per

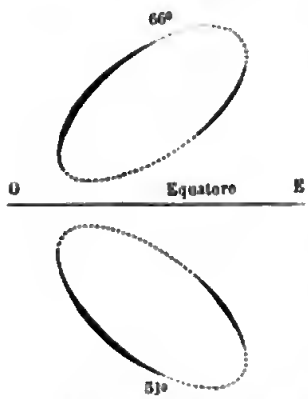


Fig. 16. — Influenza della salsedine e densità sulle Correnti.

continuare la sua strada verso i poli, passando al di sotto di acque men dense che dal polo verranno verso l'equatore, fino circa alle due latitudini rispettivamente indicate pei due emisferi; giunte alle quali, le due correnti polari, a volta loro, si sprofonderanno, per venire fino all'equatore.

V.

Ma anche questa maniera di concepire il sistema della circolazione oceanica, è puramente *teorica*. Essa per certo si accosta più al vero di quella precedentemente disaminata, perchè, oltre all'azione del calore, oltre a quella della forma e della rotazione del pianeta, tiene conto eziandio dell'influenza della densità e delle cause diverse che la modificano; ma trascura tuttavia un potentissimo elemento della questione, l'azione dei venti.

Che movimenti di considerevole entità debbano essere impressi a larghe estensioni di oceano, per opera di venti spiranti per mesi e mesi in una data direzione, è cosa bene agevole a comprendersi da chiunque osservi gli effetti prodotti sui nostri mari dalla meramente temporanea azione di questa causa medesima. I naviganti sanno benissimo che un forte vento di sud-ovest o di nord-ovest basta per sollevare ad inusitata altezza il flusso di marea sulla costa occidentale dell'Inghilterra e nel canale della Manica; e che un vento un po' a lungo continuato di nord-ovest innalza il Baltico più di due piedi al di sopra del suo ordinario livello. Smeaton si accertò coll'esperienza che, in un canale lungo quattro miglia, l'acqua era tenuta 4 pollici più alta ad una che all'altra estremità, per la mera azione del vento entro al canale. L'impulso, è ben vero, rimane tutto superficiale; ma si comunica per frizione agli strati immediatamente inferiori; e la velocità acquistata dalle masse liquide agitate dalla bufera, è in ragione diretta della persistenza di quest'ultima così in forza come in direzione.

Digitized by Google

Or bene, tra le correnti che turbano l' equilibrio dell' Oceano aereo, ve ne hanno alcune, la cui persistenza è somma. Sono i venti costanti, dei quali dovremo a lungo occuparci nelle venture nostre lezioni (V. *Lez. XIII*ª e seg.). Quando Cristoforo Colombo nel 1492 veleggiava sull' Atlantico, in cerca della nuova via alle Indie, rimaso a tutta prima incantato della regolarità dei venti che da ponente lo spingevano verso occidente, scopo del suo viaggio. A poco a poco però l' inquietudine e lo spavento succedettero alla gioia nell' animo de' suoi compagni, i quali, pensando al ritorno, lo reputavano impossibile per l' invariabile costanza dei venti, che impedirebbe loro per sempre (dicevano) di rivedere la desiderata patria. Essi ignoravano che anche i movimenti dell' atmosfera sono governati da una legge di circolazione, della quale ben saprebbe un giorno profittare la navigazione, per solcare, ardita e sicura, tutti gli oceani.

Senza entrare per ora nello svolgimento della teoria dei venti alisei, che in una delle mie prossime lezioni svolgerò *ex professo*, mi basterà l' osservare ch' essi spirano costantemente dal N. E. verso il S. O. nell'emisfero boreale, e dal S. E. verso il N. O. nell' emisfero australe. Al di là dei tropici, regnano correnti meno regolari e più deboli, spiranti in senso opposto, come apparirà dalla figura 17.

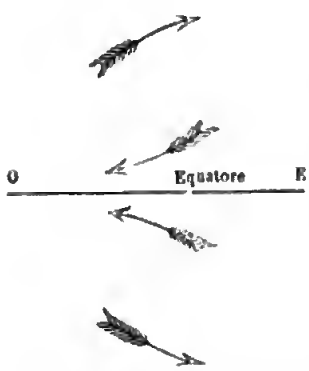


Fig. 17. — Influenza dei Venti sulle Correnti.

Se ora riassumiamo il complesso delle cagioni che determinano e regolano e modificano le correnti, riconosceremo che esse tendono in complesso a produrre un movimento delle acque dall' equatore verso i poli, ed uno dai poli verso l' equatore, formante una specie di circolo, con una regione di calme nelle plaghe interposte ai due contrari movimenti.

VI.

Ma a queste conclusioni noi siamo giunti col soccorso dei soli ragionamenti teorici. — Trattasi ora di vedere se la pratica osservazione li confermi oppure li confuti. — Se i fatti smentissero i ragionamenti, questi dovrebbero respingersi come un inganno. Al di fuori o (peggio) contro l' osservazione, vera scienza non esiste.

Prima però di riferire i dati che l' osservazione ha forniti sulle correnti, il che faremo nella ventura lezione, gioverà accennare i metodi che sono stati seguiti per raccoglierli.

Finchè si tratta di determinare una corrente litorana, lungo le coste marine, il problema è assai ovvio o può facilmente risolversi, mercè della *deriva* degli oggetti leggeri, che si lasciano fluttuare sulla superficie dell' acqua.

Ma in alto mare, mancano i punti di confronto, per rispetto ai quali sia dato estimare la velocità e la direzione delle correnti. — A ciò si è supplito, tenendo conto delle differenze osservate tra la posizione realmente occupata giorno per giorno dalla nave e determinata astronomicamente, e quella ch' essa dovrebbe occupare secondo la rotta seguitata e lo spazio percorso dopo la vigilia.

La determinazione del *punto* occupato in mare, mercè dei procedimenti astronomici usati dai naviganti, non è sempre esattamente rigorosa; ma tuttavia riesce in generale abbastanza approssimata. — La velocità del bastimento si riconosce mercè del *loch* o (come lo ha ben chiamato il mio amico Comandante Bucchia) del *solcometro*, contando il numero di *nodi* che la linea o fune del loch fila ad ogni dato periodo di tempo. — Più difficile a determinarsi esattamente è la direzione della nave; questa, infatti, non siegne giammai una direzione *costante:* ogni onda, ogni soffio di vento la fa deviare dalla rotta, che il pilota le assegna; ed è mestieri del continuo intervento del timone, per mantenervela, o (a dir me-

glio) per ricondurvela. Arroge che il bastimento non va mai nella direzione in cui è spinto dal vento. Questa direzione essendo costantemento obliqua all' asse della nave, questa tende a muoversi trasversalmente, nel tempo stesso che incede da poppa a prora. L' incesso trasversale, chiamato la *deriva,* viene notevolmente rallentato dall' azione della chiglia, lunga traversa sporgente al di sotto della navo nella direzione del suo asse; ma esso non è mai completamento eliminato. — Or bene, supponendo esatte e la stima del punto e quella della velocità, la differenza tra la posizione vera e la posizione stimata comprenderà ancora due termini: 1.° la deriva della nave per l' azione dello correnti; e 2.° la deriva per l' azione del vento o dell' avanzamento trasversale. Bisogna dunque ancora oliminare quest' ultimo elemento, per isolare e riconoscere la vera azione della corrente.

Come vedesi, l' operazione condotta per mezzo dell' osservazione della deriva, è abbastanza complicata e difficile. — Si è quindi avuto ricorso ad un altro metodo, assai più semplice ed agevole, detto il metodo della *bottiglia,* perchè consiste nel gettare in mare bottiglie ermeticamente chiuse, racchiudenti una carta, sulla quale sono inscritto e la posizione della nave e la data del giorno in cui il natante messaggero fu sommerso. Se ogni nave gettasse così una bottiglia nell' ora in cui prende il suo punto, e se, inoltre, pescasse tutte le bottiglie che incontra, per prendere nota del loro contenuto, aggiungendo sul suo registro l' ora ed il luogo dell' incontro, la questione delle correnti marine sarebbe ben presto risoluta. Sventuratamente, questo metodo è molto e troppo trascurato dai navigli mercantili. L' Ammiragliato ingleso lo ha ordinato a tutti i vascelli della marina regia britannica e nelle sale di *Trinity House* esiste una *Carta delle bottiglie,* su cui sono inscritti i viaggi compiti da molte centinaia di questi singolari araldi del mare. Fu calcolato che una, in media, su dieci bottiglie gettate, si ritrova. Da un semplice sguardo su quella singolare mappa, si riconosce che i galleggianti hanno una generale tendenza ad assumere una direzione orientale nei paraggi

settentrionali dell' Inghiltorra, ed una direzione occidentale nolle più basso latitudini. In quei viaggi dei piccoli galleggianti, se ne ricordano alcuni particolarmente memorabili. Due bottiglie, messe una volta in mare a circa 700 miglia di distanza l'una dall' altra, furono poscia trovate quasi alla stessa destinazione. La prima provoniva dall' *Investigator*, comandato da quel Cap. Maclure, che ebbe la fortuna di trovare il tanto cercato passaggio del N. O. Immersa a 12° di latitudine borealo ed a 26° di longitudine occidentale, il 25 febbraio 1850, essa fu raccolta il 27 successivo agosto a Abergris-Cay, sulla costa dell' Jucatan; non lungi dal quale punto fu pure presa l' altra, gettata il 3 marzo dal Capit. Collinson, dell' *Enterprise*, ad 1° di latitudine nord ed a 26° di longitudine occidentale.

Un terzo metodo, del quale si ò utilmente sorvito il Capitano Maury, è quello delle osservazioni termometriche, metodo che era già stato indicato e adoperato nel *Gulf-Stream* da Beniamino Franklin. — Se in un dato punto dei mari la temperatura oltrepassa in modo riciso e costante la temperatura media del luogo ove uno si trova, si ha diritto di concluderne che le acque nelle quali si è immerso il termometro, non appartengono originariamonte a quella latitudine, ma vengono da regioni più calde; se poi la temperatura osservata è, al contrario, più bassa, si presentano due ipotesi: o le acque vengono da latitudini più fredde, o sono dagli strati più profondi ricondotte alla superficie; giacchè la temperatura del mare, in generale, decresce, come già vedemmo, a misura che si scende, le acque fredde essendo più dense epperò più pesanti delle calde.

Lo studio dei mari frequentati da certi animali marini può del pari fornire preziose indicazioni. Così, mentre il caccialotto vive soltanto nelle acque calde, la balena, al contrario, frequenta i mari polari e nelle regioni equatoriali non vive. Maury ha tracciato sullo sue carte le curve-limiti delle regioni ove si incontra ciascuna di queste specie di cetacei. Dovunque la curva-limite delle balene si gonfia verso l' equatore, è indizio dell' apparizione delle

Digitized by Google

acque fredde in quei paraggi; dovunque la curva-limite del caccialotto si accosta ai poli, devesi ammettere l' esistenza d' una corrente d' acque calde.

Preziosi sintomi altresì possono dedursi da altre osservazioni. — L' onda sollevata dai venti non dipende soltanto dalla violenza assoluta del vento; ma dipende altresì dall' eccesso della velocità del vento sulla velocità del mare; per lo chè un vento spirante in senso opposto ad una corrente marina, vi produrrà un' onda più forte di quella determinata da un vento nel senso della corrente medesima. Così del pari, nei mari polari, i ghiacci staccati che s' incontrano natanti, viaggiano in direzioni composte di quelle delle correnti superficiali e delle profonde.

Tali sono le vie con le quali la scienza è pervenuta a scoprire, se non completamente ancora, in gran parte almeno, il meccanismo delle correnti marine, delle quali abbiamo qui riepilogato la teoria, ed alla cui precisa descrizione sarà consacrata la prossima nostra conferenza.

LEZIONE XI.

Il Mare

(*Segue*)

—

SOMMARIO.

Descrizione delle Correnti Marine. — Oceano Indiano. — Grande Oceano. — Oceano Atlantico. — Il *Gulf-Stream*. — Suoi effetti sul clima e sulla civiltà dell'Europa occidentale. — *Mari di Sargasso*. — Il Pacifico. — Gulf-Stream del Pacifico. — Corrente di Humboldt. — Corrente del Capo-Horn. — Correnti Equatoriali. Correnti del Mediterraneo. — Le Maree. — Loro cause astronomiche. — Teoria della Marea. — Osservazioni speciali sulle Maree. — Importante conseguenza che la moderna filosofia naturale ha dedotto dalla teoria delle Maree: ritardo della rotazione terrestre.

I.

Signori,

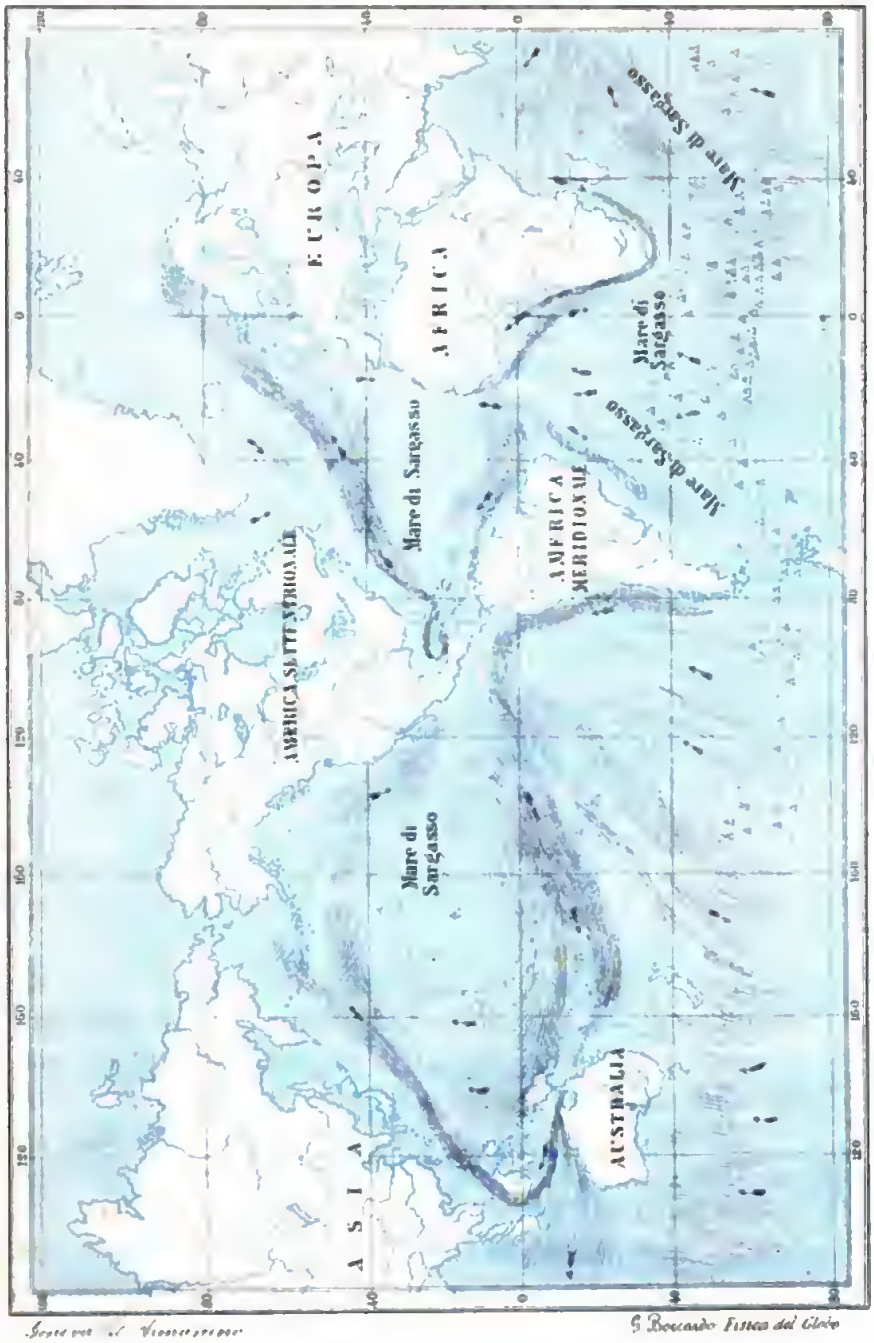
Passate in rassegna nella scorsa lezione le cause generali della circolazione interoceanica, ed indicati i metodi coi quali è dato all'uomo scoprirne le leggi, è tempo ora che procediamo alla descrizione delle principali Correnti, dalle quali i mari effettivamente sono solcati.

Noi prenderemo le mosse da quella corrente che, provenendo da levante, scorre verso ponente nel canale di Mozambico, costeggiando a S. E. l'Africa, sopra una larghezza di novanta miglia e con una velocità di due a quattro miglia all'ora. —

Giunta al Capo di Buona Speranza, essa è travolta a N. O dalle *Lagullas*, grande scoglio o piuttosto sommersa catena di montagne, che, sorgendo da un profondo oceano, viene a 100 circa braccia dalla superficie; il che prova (bene osserva Rennell) che la corrente ha più di 100 braccia di profondità; chè altrimenti passerebbe sul banco, senza essere deflessa, in modo da doppiare il Capo delle Tempeste. — Quivi è raggiunta da un' altra corrente, che viene da sud, ossia dalle latitudini antartiche, e, continuando la sua corsa, assume una direzione settentrionale, lungo la costa occidentale di Africa, finchè giunge alla Baia di Benin. — Da questo punto viene sospinta a ponente, in parte dalla forma stessa della costa, in parte forse dall' incontro della corrente di Guinea, che scorre dal nord verso il sud. Dal centro della baia di Guinea procede ciò che nomasi la corrente equatoriale dell' Atlantico, avente una larghezza variabile da 160 a 450 miglia marine; e siegue un corso occidentale attraverso l' Oceano, fino alla costa del Brasile, compiendo una corsa di 4,000 miglia geografiche, con una velocità da 25 a 79 miglia per giorno, la media essendo di trenta circa miglia al giorno.

Accostandosi al N. E. del promontorio dell'America meridionale, detto il Capo San Rocco, dividesi in due parti, una delle quali prosiegue un corso meridionale lungo la costa brasiliana, e l'altra (la principale) va a ponente, lambisce la costa della Guiana, ed è poi rinforzata dalle acque dell' Amazzone e dell' Orenoco, che le imprimono una accelerata rapidità. — Oltrepassata l'isola della Trinidad, la corrente si espande e contribuisce ad innalzare le acque del Mare dei Caraibi o del Golfo del Messico, le quali sono, al tempo stesso, gonfiate dagli alisei del Nord-Est.

La combinazione di queste due circostanze, unite ad una terza, cioè alla azione dilatante dei raggi solari e ad una quarta, l' evaporazione, turbando il rispettivo livello del Golfo del Messico o del rimanente dell'Oceano, obbliga le acque ad uscire dal golfo, sotto forma di una immensa corrente, chiamata il *Gulf-Stream*, o fiume del golfo.



Gerente del Vimercati

G. Boccardo Fisica del Globo

Digitized by Google

Digitized by Google

II.

Il Gulf-Stream è la più celebre e la meglio conosciuta delle correnti marine. — Esce dal golfo, attraverso il Canale della Florida, simile ad un fiume maestoso, la cui rapidità è maggiore di quella del Mississipi e dell'Amazzone, ed il cui volume è più di mille volte maggiore di quello dell'acqua spostata da questi due giganteschi fiumi. La sua direzione è apprincipio dal S. O. al N. E., seguendo alquanto da lungi lo costo dell'America, dalle quali lo separa una corrente inversa, avente temperatura assai meno elevata. A partire dagli Stati-Uniti, la nobile fiumana corre decisamente all'Est, e viene a lambire le coste occidentali dell'Europa. Una parte delle sue acqne ridiscendo a mezzodì, lungo i lidi di Spagna e di Portogallo, per venirsi a congiungere alla corrente equatoriale; un'altra parte contorna l'Irlanda e l'Inghilterra, per ridiscendere nel canale di S. Giorgio e nel Mare Germanico; il resto penetra fino ai mari polari, seguendo le coste di Norvegia. Nel traversare cho fa da ponento a levante l'Atlantico, il suo letto si sposta con le stagioni: in inverno, non va mai al di là del 41° grado di latitudine boreale; ma rimonta sino al 46° in settembre, epoca in cui la temperatura dell'Atlantico setteutrionale è al suo massimo punto.

Le acque del Gulf-Stream differiscono dalle acque vicine, per la loro trasparenza, pel loro colore, per la loro temperatura, pel loro grado di salsedine e per la loro densità. In nessun' altra parte del lungo suo corso, la differenza è così sensibile come presso alle coste degli Stati-Uniti, dove a semplice occhio veggento può discernorsi la motà di una uavo uello azznrro acquo del Gulf-Stream, e l'altra metà al di fuori, nel glauco verde dell'Oceano.

Fino ai paraggi dolla Carolina, le acque del Gulf-Stream appariscono di un azzurro indaco. — Questa tinta proviene, dicesi,

dacchè le acque avendo subito una notevole evaporazione, sono più salse.

La temperatura delle acque del Gulf-Stream è stata minutamente studiata dalla Commissione idrografica degli Stati-Uniti. Uscendo dal Golfo del Messico, essa è di 30°, oltrepassando di 5° quella dell'Oceano, a latitudine uguale. Presso il Capo della Virginia, 50 leghe più lungi, essa non ha perduto che 1° grado di calore. In generale un cambiamento di 10° di latitudine non vi produce che un abbassamento di 1° termometrico; per cui, dopo aver percorso 5000 chilometri verso tramontana, la corrente conserva ancora in inverno il tepore dell'estate, ed è di 10 a 15 gradi più calda delle acque vicine.

Immensamente benefica è l'influenza che, per questa cagione, il Gulf-Stream esercita sul clima, sulle produzioni e, per conseguenza, sulla ricchezza e sulla civiltà dell'Europa. Le acque partite dal Canale di Bahama in estate, giungono nei mesi correnti da novembre a gennaio sulle coste d'Inghilterra, portandovi, nel cuore dell'inverno, un tesoro di calorie, raccolte nelle regioni tropicali. È questa la principal cagione per cui, a parità di latitudine, le contrade dell'Europa occidentale godono di un clima assai più mite dei paesi americani; è questa la cagione per cui, mentre sulle coste del Nuovo Mondo i ghiacci natanti arrivano fino al Banco di Terra Nuova, ad una latitudine più meridionale di quella di Londra, sulle coste europee non giungono invece giammai a 20 gradi più a nord; è questa la cagione per cui la Danimarca, la Gran-Bretagna, la Francia godono una temperie così propizia all'agricoltura ed alle arti tutte. E quando si pensa che sono queste appunto le sedi della più robusta civiltà moderna, non si può a meno di attribuire in parte almeno il beneficio alla azione del Gulf-Stream.

Il dotto Sig. Forbes ha calcolato che la quantità di calore immessa da questa magna corrente nell'Atlantico in una sola giornata d'inverno, basterebbe per alzare la temperatura dell'atmosfera sovraincombente alla Francia ed all'Inghilterra, dal punto del

ghiaccio fondente fino al calore estivo. Ed il celebre navigatore Scoresby osservava che l'influenza del Gulf-Stream si estende fino allo Spitzberg, a 70° di latitudine N., e che i grandi ghiacci che colmano tutte le valli di quell'isola sono tagliati a perpendicolo al loro margine terminale, dal resto di calore che l'Oceano deriva ancora da questa sempiterna sorgente.

III.

Le calde acque del Gulf-Stream non possono affluire nell'indicato modo verso il polo, senza provocare contrarie correnti, che dal polo riportino verso l'equatore quantità uguali di acque fredde. — È questa una conseguenza necessaria della legge dell'equilibrio dei fluidi. Ed infatti, tra le coste di Norvegia e della Groenlandia, il Gulf-Stream è fiancheggiato, ai due lati, da correnti che scendono da settentrione. Vi ha un punto però, variabile con le stagioni, ove (com'io ho già notato nella precedente lezione) le acque tiepide, operando la fusione dei ghiacci polari, determinano una diminuzione nella salsedine delle acque superficiali; le quali perciò diventano più leggere, nonostante la loro più bassa temperatura. Conformemente alla legge che abbiamo dimostrata nella scorsa lezione, il Gulf-Stream allora si sommerge al di sotto di queste acque più fredde. Così la gelida corrente superficiale dello Stretto di Davis scorre al di sopra della corrente calda del S. O., accrescendo il rigore del clima del N. E. dell'America. Frattanto la corrente calda sottoposta fonde e stacca dalla riva enormi pezzi di ghiaccio, che vedonsi viaggiare verso il Nord, nonostante l'opposta direzione della corrente di superficie. Ciò dipende dacchè (come ho detto altra volta) la parte immersa negli *Icebergs* è 8 volte circa maggiore della parte sporgente; per cui la superficie, sulla quale agisce l'impulso della corrente submarina che tende verso il Nord, è più grande della superficie sulla quale opera in senso contrario la corrente superiore. E il

ghiaccio, obbedendo ad una elementare legge di meccanica, viaggia nel senso della forza più grande e con una velocità eguale alla differenza tra qnesta forza e la più piccola.

Se ora noi volgiamo uno sguardo complessivo sulla carta delle correnti dell'Atlantico Settentrionale, noi vedremo che esse formano nn sistema di rotazione completa, nel qnale le stesso acque vengono in gran parte, coi momenti della loro velocità acquisita, a ripassare successivamente nei punti dove le forze d'impulsione agiscono in permanenza.

Al centro di questo grande circuito oceanico, fra il 17° ed il 38° grado di latitndine boreale, e fra il 50° e l'80° grado di longitudine occidentale, sopra una snperficie di parecchie migliaia di miglia qnadrate, il mare è coperto da una copiosa vegetazione d'erbe natanti, in così grande quantità che il progresso delle navi vi è sovente ritardato, e che i rozzi compagni di Colombo riguardaronla con terrore, come il limite estremo dei mari navigabili. — Qnello spazio si chiama *Mare di Sargasso*, ossia mare di Alighe. Ivi la profondità dell'acqua è di più di 2000 metri, come provarono gli scandagli del Sig. Lee, comandante della nave americana *Dolphin;* il che esclude l'antica ipotesi che quelle alighe crescessero su bassi fondi e scogli. Del resto il Capitano Leps ha dimostrato che quelle piante nascono e vivono nelle acque, senza toccar terra.

Il mare di Sargasso non è un fenomeno peculiare dell'Atlantico: lo si incontra in tutti i grandi Oceani, dovunque si verifica un circuito di correnti, simile a quello che abbiamo descritto. Tale è il caso dell'Oceano Indiano, tra la corrente calda di Mozambico e la fredda che rimonta verso Nord dalla costa occidentale d'Australia. Tale è quello trovato dal luogotenente Varley nel Pacifico Meridionale, tra il 50° ed il 60° paralleli Sud, ed i meridiani di 142° e 180° Ovest. Tali quelli indicati da Maury, a Settentrione delle Malovine ed a Ponente del Capo di Buona Speranza, tra i meridiani 2° e 15° Occidentali.

IV.

Proseguiamo ora la descrizione dello Correnti, fuori dell'Atlantico.

Il Pacifico è quasi totalmente chiuso a Settentrione, non comunicando coi mari del polo Artico, se non per l'angusta gola dello Stretto di Behring. Si espande invece larghissimamente nella sua parte australe; e sotto l'equatore, presenta uno sviluppo di circa 4000 leghe. — Da ciò alcune differenze nel regime delle sue correnti, paragonate a quelle dell'Atlantico.

La continuità del circuito, che, nell'Atlantico settentrionale, è assicurata, perchè il Capo S. Rocco, prospiciente la costa Africana, vi ristringe a mezzodì la sezione, è in parte impedita nel Pacifico, così aperto nella sua parte meridionale. — Anche in questo Oceano però, come nel precedente, noi troviamo, sotto l'equatore, un grande movimento delle acque, diretto da oriente ad occidente, che forma la corrente equinoziale del Pacifico; ma nel suo lungo tragitto, questa corrente lascia derivare verso il Sud una immensa proporzione delle sue acque. Giunta nei paraggi della Nuova Olanda e della Malesia, una parte della corrente passa tra l'Australia e le Isole della Sonda, e va a dilatarsi nell'Oceano Indiano; l'altra scorre a borea della Nuova-Guinea, o si riflette sulle coste di Sumatra e di Giava, per formare ciò che fu chiamato il *Gulf-Stream del Pacifico.*

Esso ha la sua scaturigine nella corrente equatoriale, da cui si separa all'estremità meridionale di Formosa a 22° lat. N. e 120° long. E., s'inflette poscia a tramontana, lambisce la costa orientale di Formosa e, giunta a 30° N., piega verso N. E., andando a bagnare le coste Sud-Est ed orientali del Giappone, fino all'altezza dello Stretto di Sangar. Sui lidi giapponesi questa corrente produce lo stesso benefico effetto che il Gulf-Stream

determina su quelli d'Inghilterra e di Norvegia, portandovi un calore equatoriale, che vi tempera il clima.

A settentrione dello Stretto di Sangar, la corrente si allontana dal lido e incontra, non lungi dalla costa d'Yesso, la fredda corrente polare, che si avanza tra la Cina ed il Giappone. Il Gulf-Stream del Pacifico si biparte quindi in due rami: l'uno risale a settentrione, lungheggia il Kamtsciatka, passa ad occidente delle Aleutte e penetra nello Stretto di Behring; l'altro va a toccare la costa N. O. dell'America, che lo fa inflettere verso mezzodì, dove finisce per ricongiungersi alla grande corrente equatoriale.

V.

Mentre nella parte boreale dell'Atlantico abbiamo veduto un perfetto sistema circolatorio, ed uno, un po' meno compiuto, nella parte del pari settentrionale del Pacifico, nelle plaghe meridionali di entrambi questi oceani la circolazione non può così liberamente stabilirsi. Ciò dipende dalla configurazione delle coste occidentali, poco favorevole allo sviluppo delle correnti, che gli alisei del S. E. tenderebbero a produrvi.

Infatti, per ciò che concerne l'Atlantico meridionale, al di sotto del Capo S. Rocco, il lido dell'America è quasi perpendicolare al S. E., per cui basta l'impulso che viene dalla corrente delle Canarie, per ispingere le acque direttamente verso il polo. Un'altra corrente parallela viene dalla costa africana di Guinea. Entrambe queste fiumane incontrano varie deboli e mal definite correnti, che provengono dalle regioni Australi, formando, nel loro mezzo, due distinti mari di Sargasso, più piccoli di quello, già descritto, dell'Atlantico settentrionale.

In quanto al Pacifico meridionale, la massa delle acque calde è trascinata da un movimento di deriva verso le latitudini più alte; dove esse incontrano le acque polari, raddolcite dalla

Digitized by Google

fusione dei ghiacci. I venti di ponente, che soffiano violenti presso il Capo Horn, fanno doviare la corrente verso levante, in vicinanza della punta australe dell'America; ove essa si biparte: un ramo, detto la *Corrente di Humboldt*, lambisce la costa occidentale d'America e va a perdersi nella corrente equatoriale, dopo avere rinfrescato il clima delle coste del Perù; l'altro ramo contorna il Capo Horn, di cui prende il nome.

Una parte della corrente equatoriale del Pacifico penetra nell'Oceano Indiano, dove il movimento a ponente la porta verso lo Stretto di Mozambico, dal quale abbiamo apprincipio veduto cominciare quel vasto sistema circolatorio, che fu da noi finora descritto.

VI.

Sin qui noi abbiamo tentato di seguire la circolazione delle acque nei grandi bacini oceanici. Anche i mari minori ed interni hanno le loro correnti. — Nel Mediterraneo entra per lo Stretto di Gibilterra una corrente dall'Atlantico, che segue, con una rapidità, che l'ammiraglio Smith estimò da tre a sei miglia all'ora, e sopra una larghezza di tre miglia e mezzo, la parte mediana del nostro mare. La differenza di temperatura, notevolmente più alta nel Mediterraneo che nell'Atlantico, e la conseguente maggiore evaporazione nel primo di questi due mari, è la cagione determinante della corrente. Oltre a questa corrente di mezzo, due altre laterali ve ne sono, l'una lungo la costa Africana, l'altra presso l'Europea, le quali seguono i movimenti della marea, versandosi alternatamente nel Mediterraneo e nell'Atlantico. Altre correnti parziali lambiscono le rive delle varie contrade poste sul Mediterraneo: nel mar di Liguria è nota l'azione che esercita la corrente che viene da Est, e che tende ad insabbiare tutti i porti i quali hanno in questa direzione la loro apertura.

Fino a questi ultimi tempi era generalmente ammessa l'ipotesi che al di sotto di queste correnti di superficie, vi fosse nel Mediterraneo una controcorrente submarina, che portasse all'Atlantico le acque del mare interno. — È assai singolare il fatto che avea dato origine a questa ipotesi. Un Monsieur De l'Aigle, capitano del legno corsaro *La Fenice,* avea, nel 1712, dato la caccia, presso la punta di Ceuta, ad una nave olandese. Accostatosele nel mezzo dello stretto, fra Tarifa e Tangeri, le scagliò una piena bordata, che la colò istantaneamente a picco. Pochi giorni dopo, la nave sommersa ricomparve a galla sulla riva di Tangeri, quattro leghe circa a ponente dal luogo ov'era scomparsa. La corrente superficiale avrebbe dovuto portarla verso levante; vi ha dunque (dicevasi) una sottocorrente in opposta direzione; ed il Sig. Marié-Davy tiene ancora questa opinione nel suo pregevole *Trattato* pubblicato nel 1866.

Ma Carlo Lyell, nei suoi *Principles of Geology,* fa osservare che l'ipotesi della controcorrente non ha fondamento, dacchè la nave, accostandosi al lido, dovette cadere sotto l'azione di una corrente laterale, la quale scorrendo, ogni 24 ore, verso ponente, bastava per riportare a Tangeri il bastimento. E poi gli scandagli del Capitano Spratt, da me riferiti nella IX Lezione, ci hanno oramai dimostrato che lo Stretto di Gibilterra trovasi sopra un basso fondo, la cui profondità presso Tangeri non eccede 167 braccia, ed in altri vicini punti non è che di 55 metri, spazio giusta ogni probabilità non sufficiente a contenere due vaste correnti l'una all'altra sovrapposte ed in senso contrario dirette.

VII.

Noi abbiamo insino a qui rivolto la nostra attenzione esclusivamente alle due prime categorie di movimenti, ai quali abbiamo detto soggiacere le masse oceaniche, vale a dire: ai movimenti

atmosferici di Ondulazione, ed ai movimenti *propri* di Correnti. Resta ora che consideriamo la terza classe di movimenti, cioè le *Maree*.

La loro origine è *astronomica*, e consiste nell'azione attrattiva del sole e della luna sulle acque del mare. Il principio sul quale questa azione riposa, è quello stesso che spiega tutto l'equilibrio del sistema del mondo. Due forze antagonistiche, l'una l'attrazione reciproca degli astri, l'altra la forza centrifuga (la quale non è, in ultima analisi, fuorchè la tendenza degli astri medesimi a muoversi in linea retta) mantengono, in virtù delle loro azioni contrarie, due corpi celesti vicini in curve elittiche, ch'essi descrivono entrambi nella direzione medesima, attorno al comune loro centro di gravità; e l'astronomia ci dimostra che la curvatura delle elissi così descritte proviene da una vera *caduta* dei due astri, l'uno verso dell'altro: questa caduta è la conseguenza della reciproca loro attrazione; ma non determina punto il loro accostamento, non facendo essa che compensare l'aumento di allontanamento che tenderebbe (giusta le più elementari leggi meccaniche) a prodursi in virtù delle velocità acquisite. — L'equilibrio di due forze non implica punto la loro distruzione; ma indica soltanto che il corpo sul quale agiscono forze eguali e contrarie obbedisce simultaneamente alle une ed alle altre, per guisa che lo spostamento finale che ne risulta è *zero*. Così, per esempio, la terra e la luna si allontanano l'una dall'altra, mercè delle loro velocità, in direzioni opposte e perpendicolari alla linea che le congiunge; o nel tempo stesso si accostano scambievolmente sotto la influenza delle reciproche attrazioni. Il finale effetto di cotesta simultanea tendenza all'allontanamento ed all'accostamento, è la conservazione eterna ed identica dell'intervallo che le separa; — ma vi ha realmente una *caduta* dell'una sull'altra, chè altrimenti l'intervallo andrebbe crescendo all'infinito, il che punto non avviene. — Egli è così che nella stupenda economia della Natura, l'ordine e l'armonia nascono sempre dalla compensazione di forze in contrario senso operanti.

Con queste semplicissime nozioni, egli è agevole comprendere il fenomeno delle *Maree*. L'attrazione, infatti, è una forza che diminuisce con la distanza, ed in ragione inversa del quadrato di questa distanza medesima. Or bene — il punto della terrestre superficie, che in un dato istante, trovasi precisamente nella direzione della luna, è più vicino a quest'astro, di quel che non sia il centro della terra, e, per conseguenza, viene attratto più energicamente di questo centro medesimo. Per la legge dei contrari, il punto della superficie stessa opposto alla luna è meno attratto del centro. Da ciò siegue che nel movimento di caduta, che si manifesta per controbilanciare l'effetto dell'allontanamento dei due astri dovuto alle velocità acquisite, i tre punti summentovati cadono verso la luna con ineguali velocità, e da questa ineguaglianza risulta necessaria una tendenza al loro reciproco allontanamento. Ma una azione qualunque la quale tenda ad allontanare dal centro della terra un punto qualsiasi della sua superficie, altro precisamente non è fuorchè una forza opposta alla gravità e minuente l'effetto di quest'ultima. L'azione della forza attrattiva della luna deve, adunque, per assoluta conseguenza, diminuire la gravità terrestre sul punto del globo che occupa il mezzo dell'emisfero volto verso di lei, non che sul punto posto al mezzo dell'emisfero opposto..

Se non che, al limite dell'emisfero terrestre che vede la luna, la forza attrattiva del satellite è eguale a quella che lo sollecita verso il centro della terra, perchè la distanza è la stessa. Le velocità che tendono ad assumere i punti della superficie sono eguali a quelle che tende ad acquistare il centro. D'onde viene che la causa che diminuisce la gravità del lato che guarda la luna ed al lato opposto, scomparisce in questi punti, dove precisamente si produce un'azione contraria. Infatti, sul contorno terrestre, le attrazioni lunari non hanno già luogo in una direzione rigorosamente parallela alle attrazioni della luna sul mezzo della terra; esse convergono verso il centro del corpo attraente, ed è chiaro che, obbedendo a queste attrazioni convergenti, i punti

della terrestre superficie collocati sul contorno medesimo si accosterebbero al centro del globo. Per la qual cosa, l'attrazione lunare agisce sul contorno nello stesso senso che la gravità, la quale si trova così accresciuta dalla sua azione.

Ma tra il perimetro dell'emisfero rivolto verso la luna (perimetro ove l'intensità della gravità è alquanto accresciuta) ed il punto mediano di cotesto emisfero, ove la stessa forza è diminuita, è evidente che tutti i punti dell'Oceano sono più fortemente attratti che il centro della Terra; e per conseguenza, devono, *cadendo più velocemente* di questo centro medesimo, tendere a portarsi dove la luna è allo zenit. Reciprocamente, all'opposto emisfero, i punti oceanici, meno energicamente attratti che il centro, tendono a rimanere in ritardo e, per conseguenza, a portarsi nel modo stesso verso il punto antilunare, ove l'attrazione è inoltre diminuita per questa medesima azione del nostro satellite. D'onde, finalmente, consiegue che le acque devono accumularsi verso il lato della luna e dal lato opposto, fino a tanto che le differenze di livello tendano, in virtù delle elementari leggi dell'equilibrio dei fluidi, a produrre un ritorno delle acque da quelle regioni, ritorno che neutralizzi l'effetto della forza che chiama verso le regioni stesse l'Oceano. Effetti questi che il Poeta ha bene espressi quando chiamò la luna *una dolce amica, che siegue la terra in ciel;*

La Terra, a cui se il limpido
Tuo disco si avvicina,
Si desta e con un palpito
Scuote la sua marina.
Forse è gentile affetto,
Qual desta in uman petto
La vista di un fedel.

Deve esservi adunque depressione delle acque, o *bassa marea* pei punti i quali hanno la luna all'orizzonte, — ed alzamento delle acque, od *alta marea*, per quelli che, al medesimo istante, l'hanno al loro meridiano superiore ed inferiore. Ma, siccome

per effetto della rotazione della terra, ciascun punto della sua superficie trovasi avere una volta al giorno la luna al meridiano superiore, poi una volta all'orizzonte a ponente, quindi una volta al meridiano inferiore, e infine una volta all'orizzonte a levante, è agevole il comprendere come ogni luogo abbia quotidianamente *due alte* e *due basse maree*.

Nei mari interni, come il Mediterraneo, i quali sono poco estesi relativamente alla superficie del globo, e che non comprendono che un picciol numero di gradi di longitudine, è chiaro che tutti i loro punti passano insieme, o quasi insieme, nella posizione voluta per rispetto all'astro, per avere la stessa fasi di marea. Non possono quindi sovra essi verificarsi le maree come sull'Oceano, e non vi si devono scorgere se non piccole tracce di flusso e di riflusso.

La luna, a cagione della sua grande prossimità alla terra, è l'astro che più possentemente influisca sulla produzione delle maree; ma non è il solo. Il sole vi interviene altresì; e dalla combinata azione dei due astri, i quali, a seconda delle loro posizioni, operano talvolta per somma, tale altra per differenza, nasce il complicato meccanismo delle maree; meccanismo delle cui leggi vi terrà, o Signori, particolareggiato discorso il mio Collega, il Prof. di Astronomia, al mio oggetto bastando questi cenni per farne comprendere il fondamentale principio.

La marea non è (com'io accennava poc'anzi) percettibile nei mari molto ristretti ed interni e nei laghi. Nel Mediterraneo stesso, benchè assai ampio, non è sensibile alla comune osservazione, i suoi effetti essendo subordinati a quelli dei venti e delle correnti. In alcuni luoghi però, come nello stretto di Messina, si ha un flusso e riflusso di 66 centimetri e più; a Napoli, uno di 15 a 20 centimetri; ed a Venezia, uno di circa 1.^{m} 66 centimetri.

Sulle coste delle isole molto remote da ogni continente, la marea è poco alta, come a S. Elena, per esempio, ove di rado supera 1 metro. — In ogni determinata linea di costa, la marea

è più alta nei canali angusti, nelle baie, negli estuari, e meno nei frapposti tratti dove è prominente la terra. Così all'ingresso dell'estuario del Tamigi e della Medway, in Inghilterra, l'altezza della grande marea di primavera è di sei metri; ma quando seguiamo la costa verso Lowestoff ed Yarmouth, troviamo una graduale diminuzione, fino a che in questi porti essa non è più di 2 metri. In fondo alla baia di Fundy nella Nuova Scozia in America, la marea si alza perfino alla enorme misura di quasi 24 metri.

Sonvi però alcune coste, nelle quali si verifica una notevole eccezione a questa regola. Così, mentre il flusso è appena sensibile nell'estuario della Plata, nell'America meridionale, si osserva invece altissima la marea sulla monotona costa di Patagonia. Tuttavia anche qui il massimo flusso ha luogo nello Stretto di Magellano, ove la marea si estolle a 14 metri.

L'oscillazione periodica dei mari prende origine nelle regioni equatoriali e si propaga successivamente verso i poli; essa impiega un giorno e mezzo, per arrivare fino alle coste occidentali d'Europa: l'ora della sua apparizione è quindi molto variabile secondo le latitudini.

Il fenomeno delle maree ha somministrato alla filosofia naturale l'occasione ad una speculazione che voglio qui esporvi, o Signori, come un esempio dell'altezza di pensamenti a cui può condurre lo spirito induttivo che caratterizza la scienza moderna.

Fin dal 1848 il celebre Dott. Mayer di Heilbronn, a cui deve cotanto la teoria meccanica del calore, pubblicò, nella sua *Dinamica del Cielo*, alcune idee, che l'illustre Tyndall riassume nel modo seguente nelle sue belle *Lezioni sul Calorico*. « Immaginiamo che la Luna sia fissa e che la Terra giri come una ruota da Occidente a Oriente nella sua rotazione diurna. Una montagna della Terra avvicinandosi al meridiano della Luna, si trova come attratta da questa, e diventa una specie di manivella, che obbliga la Terra a girar più presto. Ma quando la montagna ha passato il meridiano, l'azione della Luna si esercita in senso contrario

e tende a diminuire la velocità di rotazione di tanto, di quanto prima era stata accresciuta: e così avviene che l'azione esercitata dalla Luna sopra tutti i corpi fissati alla Terra viene in ultima analisi a dare un effetto nullo, e si neutralizza da sè medesima. — Ma ammettiamo che la montagna resti sempre situata all'est del meridiano della Luna: allora l'attrazione del satellite nostro si eserciterà costantemente nel senso contrario alla rotazione della Terra, di cui, per conseguenza, la velocità andrà decrescendo di una quantità proporzionale all'intensità dell'attrazione. L'onda del flusso occupa appunto una tal posizione: essa è sempre situata all'est del meridiano della Luna; le acque dell'Oceano sono adunque in parte trascinate come un freno sulla superficie della terra, e come un freno devono ritardarne la rotazione ».

Ma questa speculazione *a priori* è ella dimostrata *a posteriori?* Lo fu egregiamente, non ha guari, dall'astronomo francese Sig. De Launay, il quale in una sua profonda Memoria, letta davanti all'Istituto l'11 dicembre 1865, mostrò che l'effetto dell'attrazione lunare sull'onda di marea è quello appunto di ritardare la rotazione terrestre, e che la quantità del ritardo è già di 10 secondi a capo di un secolo, e di un giorno intero a capo di venti secoli. « Così (dice egregiamente il Sig. Schiapparelli) dopo di aver turbato il riposo secolare di Vesta per opera di Copernico, la logica geometrica distrusse anche il prestigio della equabile sua rotazione. Ed ecco cancellato l'ultimo vestigio dei moti circolari uniformi, che soli doveano esser perfetti secondo Aristotele. Come nell'Universo non esiste alcun punto assolutamente fisso, così non v'ha in esso alcun moto esattamente equabile ».

La filosofia tedesca avea detto che il *mondo non è, ma diventa.* Materia in continuo movimento, trasformazione perpetua, armonia che risulta dalla combinazione di forze contrarie, ecco il Cosmo. Noi abbiamo fin qui studiato questa gran legge nei fenomeni del Mare. Comincieremo domani a disaminarla in quelli dell'Atmosfera.

LEZIONE XII.

L'Atmosfera, i Climi ed il Calore

—

SOMMARIO.

Condizioni di equilibrio di una atmosfera qualunque. — Altezza dell'atmosfera terrestre. — Sua composizione. — Il Barometro. — La macchina Pneumatica. — Il Calore. — Calore proprio del globo. — Calore proveniente dalla irradiazione solare. — Influenza della più o meno grande obliquità dei raggi solari. — Influenza della prossimità e della lontananza dei mari. — Sul clima dei luoghi esercitano azione cause remote da questi. — Linee Isotermiche; Equatore termico. — Linee Isoteriche. — Linee Isochimeniche. — Differenze fra i due Emisferi. — Zona del sottosuolo congelato. — Climi insulari e climi continentali. — Limite delle Nevi perpetue. — Linee Isotermiche dell'Italia. — Temperature dei principali luoghi della Terra. — Temperatura di Genova. — Variazioni annuali, mensili e diurne della temperatura. — La temperatura nelle alte regioni atmosferiche. — Influenza della temperatura e dei climi sul mondo organico e sulla civiltà.

I.

Signori,

Dopo la Geografia Fisica del mare, e prima di volgerci a quella delle parti solide del nostro pianeta, richiamano ora tutta la nostra attenzione i fenomeni dei quali è teatro l'Atmosfera ond'esso è circondato.

È questa appunto una delle parti più vaste e più importanti della Fisica del Globo, e costituisce la quasi totalità della Meteorologia; — non vi parranno adunque, io spero, soverchi gli svol-

Digitized by Google

gimenti che noi le accorderemo in una numerosa serie di lunghe lezioni.

L' *Atmosfera* è quella massa aerea che circonda ed avvolge da ogni parte la Terra; s' indica col nome di *Firmamento* quel profondo spazio di colore azzurro, che essa presenta, veduta dalla superficie del globo; colore, che diventa gradatamente più cupo, a misura che si ascende sulle alte montagne, e più ancora nei viaggi areonautici. Più in alto, e nelle regioni dell' eterno silenzio, il cielo apparve nero ai coraggiosi areonauti.

Come il globo, di cui essa è l' involucro e che siegue nella sua rotazione diurna e nella traslazione sua nello spazio, l' atmosfera deve presentare anch' essa la forma di uno sferoide, compresso ai poli e rialzato all' equatore. — La sua compressione è anzi maggiore di quella della terra.

Perchè un' atmosfera, ossia una massa gazosa qualunque, possa restare in equilibrio, fa mestieri che soddisfi alle seguenti generali condizioni:

1.°) Che possa dividersi in strati di eguale pressione, più o meno sottili, con ideali superficie tali, che la direzione della gravità vi sia perpendicolare in ciascun punto. Queste superficie, dette *di livello*, s' incastrano le une nelle altre, e non possono giammai tramezzarsi o incavallarsi;

2.°) Che uno strato qualunque limitato da due superficie di livello infinitamente vicine, abbia una densità uniforme in ciascuno de' suoi punti;

3.°) Che la pressione vada diminuendo dal basso all' alto, proporzionalmente al peso degli strati che gravitano sullo strato che si considera;

4.°) Finalmente, che lo strato più alto rimanga al di sotto del punto, al quale la forza centrifuga, determinata dalla rotazione del globo, diventerebbe eguale alla gravità.

Se la prima condizione non fosse soddisfatta, uno strato di eguale pressione (che rimarrebbe in riposo, a motivo di questa eguaglianza di pressione in tutti i sensi), cadrebbe e si sparge-

rebbe in diverse direzioni, dal momento che la gravità prendesse ad agire obliquamente nei suoi diversi punti.

Se mancasse il secondo requisito, — cioè se la densità di uno strato di livello non fosse la stessa in tutti i punti, al minimo scuotimento le parti più dense colerebbero al di sotto delle meno dense, appunto come si scorgono i liquidi più pesanti collocarsi al di sotto de' più leggieri.

Lo stesso spostamento avverrebbe se, difettando la terza condizione, uno strato superiore fosse più denso dello strato immediatamente inferiore.

Da ultimo, non adeguandosi l' ultima condizione e raggiungendo l' atmosfera il punto ove la forza centrifuga diventa eguale alla gravità, tutta l' atmosfera fuggirebbe per questo punto e svanirebbe negli spazi celesti.

Quest' ultima legge è la più importante di tutte per lo scopo che ora ci proponiamo. A bene comprenderla, fa d' uopo rammentarsi ciò che ci insegna la Fisica sull' altezza totale di una atmosfora qualunque. Questa altezza punto non dipende dalla quantità del gaz che la costituisce. Se, infatti, noi immaginiamo una colonna verticale, formata di un fluido elastico, divisa in strati o cellule su tutta la sua lunghezza; e se poniamo 2 volte, 3 volte, n volte più gaz in ciascun punto, la forza elastica di ogni cellula sarà bensì divenuta 2, 3, n volte maggiore; ma si troverà perciò stesso equilibrata dal peso totale, divenuto anch' esso e per la medesima cagione 2, 3, n volte più grande. Reciprocamente, si avranno gli stessi effetti se, invece di accrescere, si diminuisce di metà, del terzo ecc., la quantità del gaz in ogni punto; perocchè l' elasticità ed il peso sopportato da ogni cellula saranno sempre e nel tempo medesimo ricondotti a metà, al terzo ecc.; per modo che, in ultima analisi, l' equilibrio è sempre mantenuto, in conformità della legge di Mariotte. In ogni strato di livello di una massa gazosa, tutto cresce o diminuisce proporzionalmente, per ciò che concerne densità e pressione, senza alterare in nulla lo spessore degli strati e l' altezza totale del-

l' atmosfera ch' essi costituiscono. Se però, rimanendo identica la quantità del gaz, ne venisse ad aumentare o a diminuire la gravità, le pressioni si accrescerebbero o scemerebbero nello stesso rapporto; per guisa che gli spessori degli strati e l' altezza totale dell' atmosfera varierebbero in sensi contrari. Del pari, se, senza alterare la forza di gravità, l' elasticità del gaz venisse ad essere aumentata o diminuita per una pressione costante, il che è quanto dire se si cambiasse la natura del gaz, sostituendo, per esempio, acido carbonico o idrogeno od un altro gaz all' aria atmosferica, aumentando o diminuendo il peso delle colonne gazose, gli spessori degli strati e, per conseguenza, l' altezza totale dell' atmosfera, diminuirebbero o aumenterebbero. Finalmente le altezze totali di queste diverse atmosfere sono molto piccole, avuto riguardo alle dimensioni del globo; esse sono approssimativamente in ragione inversa delle densità dei gaz sotto la stessa pressione. Cosichè, se queste densità sono espresse per 1 quanto all' idrogeno, da 15 quanto all' azoto, da 16 quanto all' ossigeno, da 22 quanto all' acido carbonico, ne siegue che un' atmosfera d' idrogeno sarà 15 volte più alta che una di azoto, o 16 volte più che quella dell' ossigeno, o 22 volte più che quella dell' acido carbonico.

Noi conosceremo, per le cose dette poco sopra, qual sia la più grande altezza che può avere la nostra atmosfera, quando avremo determinato il punto dello spazio al quale bisogna innalzarsi, perchè la forza centrifuga vi sia eguale alla forza di gravità. Per ottenere questo punto, noi possiamo partire dal fatto, che all' equatore la forza centrifuga è circa la 288ª parte della gravità. E siccome la forza centrifuga cresce come la distanza dal centro della terra, e la gravità è in ragione inversa del quadrato di questa distanza medesima, ne siegue che, per trovare il punto ove la forza centrifuga pareggi la gravità, dovremo estrarre la radice cubica di 288. Fatto questo calcolo, abbiamo che la nostra atmosfera non può espandersi a più di 6,6 raggi, terrestri contati dal centro, o a più di 5,6 raggi, contati dalla superficie; perocchè i punti dell'atmosfera situati a tale distanza e nel piano

dell' equatore, si disperderebbero nello spazio. E siccome altri punti atmosferici, ad immediato contatto di quei punti estremi, andrebbero immediatamente ad occuparne il posto, per disperdersi poscia, a loro volta, nello spazio, e così via di seguito, fino al completo esaurimento dell' atmosfera, dobbiamo quindi considerare l'accennato limite siccome il non valicabile massimo delle dimensioni dell' atmosfera medesima.

In tutto questo ragionamento, noi non abbiamo, per semplicità, tenuto conto dell' azione del calore sulla elasticità dei gaz, il cui coefficiente deve essere messo a calcolo quando si tratti di determinare con esattezza le condizioni di equilibrio delle diverse atmosfere.

Se non che le precedenti considerazioni, *a priori* dedotte dalle leggi della Fisica dei nostri gabinetti, non possono accettarsi in assoluto modo nelle leggi, infinitamente più complesse, della Fisica della Natura. Secondo alcune osservazioni, che or ora citerò, i limiti dell'atmosfera terrestre troverebbonsi molto più lontani dalla terra di quelli che, fondandosi appunto troppo esclusivamente sulle teoretiche argomentazioni, si credevano veri al principiare di questo secolo.

Secondo la sentenza di alcuni Fisici, questi limiti sarebbero immensamente più lontani dei più remoti finora ammessi; anzi, a parlare propriamente, questi confini atmosferici non esisterebbero; dappoichè l'aria, per il successivo rarefarsi, raggiungerebbe una densità cosifattamente tenue in altissime regioni, che si confonderebbe con quella dell' etere nello spazio, e quindi si passerebbe, per gradazioni insensibili, dal mezzo aereo al mezzo intrastellare.

Questa opinione però è contraddetta da irrefutabili risultanze meccaniche, le quali conducono ad ammettere nell' atmosfera un limite ben definito sebbene lontanissimo, nel quale la sua densità deve essere ancora, sebbene tenuissima, relativamente grandissima dirimpetto a quella dell'etere.

Le particelle dei gaz sono animate da una forza di repulsione, che è la misura della loro forza elastica, e per cui tendono ad

espandersi continuamente. Questa forza segue il rapporto inverso dei cubi delle distanze; il che è dimostrabile coi metodi di analisi elementare:

Sia V il volume di un gaz alla pressione P, ad una pressione P_1 il volume diventerà V_1; e per la legge di Mariotte, potrà scriversi

$$P : P_1 :: V_1 : V$$

ma le pressioni misurano le forze elastiche dei gaz che le sopportano, e perciò P, P_1 rappresentano le forze repulsive del gaz alle due pressioni succennate, e siccome $P = F$, $P_1 = F_1$, si avrà:

$$F : F_1 :: V_1 : V$$

e poichè i volumi in discorso contengono evidentemente il medesimo numero di molecole, chiamando x, x_1 le distanze che passano fra le molecole medesime, nel caso dei volumi V, V_1 si avrà $V = x^3$, $V_1 = x_1^3$, e finalmente

$$F : F_1 :: x_1^3 : x^3$$

ossia appunto le forze nel rapporto inverso dei cubi delle distanze.

Ove questa tendenza all'espansione non fosse mai contrastata, l'aria, com'è evidente, sarebbe già da gran tempo dispersa negli spazi, anzi non avrebbe più mai potuto radunarsi per circondare la terra; ma l'aria è pesante, e perciò obbediente alla forza di gravità, la quale alla superficie della terra ha un valore minimo dirimpetto alla forza di ripulsione dei gaz, che è potentissima e tanta, che può ritenersi come esclusivamente agente sopra di essi.

Siccome però la forza di gravità segue il rapporto inverso dei quadrati delle distanze, così ne deve avvenire che, aumentando queste ultime, le differenze fra queste due forze devono diminuire, e deve necessariamente venire un momento in cui restino eguali e contrarie, epperò si facciano (come abbiam veduto di sopra) equilibrio. A questo punto cessa la tendenza che ha l'aria ad espandersi; perde quindi la caratteristica dei gaz, e, meccanica-

mente considerata, assumo quella dei liquidi, con la differenza che, in questi, la forza di attrazione, che equilibra quella di repulsione, emana dalle molecole, nell'aria invece è prodotta dalla forza di gravitazione.

Ammesso, per esempio, che la forza di repulsione e quella di gravità alla superficie della terra siano fra di loro : : 100 : 1, ad una distanza come 100 dalla terra queste due forze sarebbero eguali, e si realizzerebbero le condizioni meccaniche di liquidità dell' aria. Infatti

$$\frac{100}{100^2} = \frac{1}{100^2}, \text{ ossia}$$

$$\frac{100}{1000000} = \frac{1}{10000}$$

$$1000000 = 100 \times 10000.$$

L'indole speciale di questo mio Corso non mi consente di più a lungo diffondermi in queste considerazioni di ordine teorico e di fisica generale. Bastandomi quindi lo averle accennate, domanderemo ora: qual'è, dentro i limiti succennati, la vera e positiva altezza della terrestre atmosfera? — A tale quesito la scienza (come ho già fatto presentire più sopra) non dà finora una assoluta e precisa risposta. — Dobbiamo quindi contentarci di semplici approssimazioni.

Il Sig. Biot, fondandosi sopra una serie di osservazioni barometriche, termometriche ed igrometriche, fatte da Boussingault, Humboldt e Gay-Lussac, ed appoggiandosi sul fatto scoperto da quest' ultimo che l' aria perde $^1/_{267}{}^{mo}$ del suo volume ad ogni grado termometrico di raffreddamento, fissò il limite dell' atmosfera a 47,000 metri. Ma per poter affermare con certezza qualche cosa di positivo, converrebbe conoscere tutte le cause che, nelle regioni superiori dell' atmosfera, influiscono sulla temperatura e sulla densità. L' ascensione aereostatica di Barral e Bixio dimostrò che all' altezza di 7,094 metri, in mezzo ad una densa nube, il termometro era disceso a — 39°,7, vale a dire 30 gradi

al di sotto della temperatura che Gay-Lussac avea trovato alla medesima altezza con ciel sereno.

Per misurare lo spessore dell'atmosfera, si ricorse ad altre induzioni: i fenomeni di rifrazione astronomica e di illuminazione delle alte regioni aeree, osservati nelle ore del crepuscolo *(V. la mia Lezione XXI^a)*, condussero ad un valore di 15 a 20 leghe. Ma il segmento atmosferico rimasto illuminato in modo visibile dopo il tramonto del sole, non stendesi fino agli estremi limiti dell'involucro gazoso della terra; giunta ad una certa altezza, l'aria ha una densità così debole, che la sua forza riflettente e rifrangente diventa minima.

Giudicando quindi ancora troppo debole l'altezza calcolata coll'arco crepuscolare, ed appoggiandosi ad alcune osservazioni fatte sugli uranoliti e sulle stelle cadenti, di cui parleremo di proposito nella nostra XXII^a Lezione, parecchi Fisici la estimarono da 70 ad 80 leghe.

Comunque ciò siasi, certo è per replicate esperienze che l'atmosfera va, come la teoria insegnava *a priori*, diradandosi rapidamento con l'altezza; ed è ovvio l'inferirne che ai suoi limiti superiori, essa più non consti che di un gaz estremamente rarefatto. Laplace ha calcolato che, a dodici leghe di altezza, l'aria deve essere tanto rara, quanto sotto il recipiente di una macchina pneumatica, allorchè vi si è fatto il vuoto, sempre necessariamente incompiuto nei nostri Gabinetti.

L'aria presa alla superficie del suolo pesa 1200 volte meno del mercurio. Qualora la sua densità restasse costante a qualsiasi altezza, la colonna atmosferica il cui peso farebbe equilibrio a quello di 76 centimetri di mercurio (altezza della colonna barometrica) sarebbe dunque $= 1200 \times 76^{cent.}$, ossia $= 912$ metri. Ne siegue che quasi tutte le montagne e gli altipiani terrestri emergerebbero al di là dello strato superiore dell'atmosfera. Ciò basta a farci comprendere quanto debba esser rapido il decremento della densità, e quanto grande la rarefazione progressiva dell'aria. Lo strato immediatamente sovraposto al suolo sopporta

il peso di tutti gli strati superiori; a misura che si sale dall' uno all' altro, ogni strato è liberato dal peso delle falde lasciate al di sotto; e divenendo minore la pressione, l' aria è più dilatata, o (ciò che è lo stesso) una medesima massa, uno stesso peso occupa uno spazio maggiore.

Tutto ciò è stato dimostrato dall' immortale Evangellista Torricelli il quale, inventando il barometro, fu (possiamo ben dirlo) il creatore della Meteorologia. — È noto da quale induzione quel grande scolaro di Galileo fosse guidato alla insigne scoperta. L' acqua aspirata nei più perfetti corpi di tromba, non può salire, sotto l' azione dell' embolo, ad altezza maggiore di 10^m, 33 al di sopra del livello esteriore. Questo fatto, inesplicabile in un' epoca in cui l' ascensione dell' acqua nelle trombe attribuivasi all' *orrore della natura pel vuoto,* non comprendendosi perchè questo orrore dovesse cessare a quel limite, indusse Torricelli a pensare che poteva dipendere dal peso dell' aria e dalla pressione esercitata da questa sulla superficie del suolo. E se l'ipotesi era fondata sul vero, ne seguiva che se, invece di operare sull'acqua, prendevasi il mercurio, la cui densità è 13 $^1/_2$ volte più grande di quella dell' acqua medesima, la colonna sollevata doveva essere tredici volte e mezza più curta della colonna d' acqua, essendo delle due colonne, l'una tanto più lunga dell'altra, identico il peso. L'esperienza di Torricelli corrispose esattamente al suo concetto. D'altronde, salendo a diverse altezze nell'atmosfera, il peso della colonna di mercurio facente equilibrio al peso dell'aria, epperò la lunghezza della colonna stessa dovea diminuire gradatamente, a misura che si andavan lasciando strati d'aria al di sotto. E qui pure l'esperienza, eseguita sul Puy-de-Dôme da Fiorino Perier, cognato di Biagio Pascal, sulle indicazioni fornite dal sommo moralista e matematico, fu di pieno successo incoronata; — ed il barometro divenne così un eccellente strumento per misurare le altezze.

L' antica idea di Aristotele, che l' aria abbia un peso, era per cotal guisa sperimentalmente dimostrata; e la macchina pneuma-

tica, inventata da Ottone di Guericke, ne fornì ancora più direttamente la prova.

L'altezza barometrica sul livello del mare è, in media, di 760 millimetri. La pressione esercitata da una colonna di mercurio di questa altezza sopra una superficie di 1 metro q., è di 10,350 chilog. circa. Tale è adunque la pressione media dell'atmosfera per ogni metro quadrato di superficie, trascurando ora le numerose oscillazioni alle quali questa pressione soggiace, e che noi studieremo nelle venture nostre lezioni, segnatamente nella XVI^a.

L'atmosfera terrestre è un miscuglio di sostanze gazose riunite in molto ineguali proporzioni, alle quali vengono accidentalmente ad associarsi vari prodotti di origine organica o minerale.

L'ossigeno e l'azoto la compongono quasi totalmente. Su 100 volumi d'aria, troviamo circa 21 volumi di ossigeno e 79 volumi d'azoto, o, più esattamente, giusta le recenti esperienze dei signori Dumas e Boussingault, 20, 8 volumi di ossigeno e 79, 2 volumi di azoto. Sulle vette delle più alte montagne, come nel fondo delle valli più basse, questi elementi furono riconosciuti sempre associati nelle medesime proporzioni; e le più sottili o ripetute analisi non porgono che infinitesime differenze, in mezzo a circostanze affatto eccezionali.

L'ossigeno e l'azoto sono due *gaz permanenti*, vale a dire che non si è finora riusciti, nè coll'abbassamento della temperatura nè coll'aumento della pressione, a farli cambiare di stato. L'ossigeno è l'agente ordinario della combustione, sia che questa si operi nei nostri focolari, sia che avvenga nell'interno degli organi degli esseri viventi. L'azoto, al contrario, per sè medesimo, spegne la combustione; e il principale suo ufficio nell'atmosfera è di temperare, di mitigare l'azione troppo eccitante dell'ossigeno. L'azoto inoltre entra come elemento essenziale nella composizione dei tessuti delle piante e degli animali.

Ho detto di sopra che la proporzione nella quale i due mentovati gaz entrano a comporre l'atmosfera, si è trovata, con leggerissime differenze, identica in tutte le parti della terra. Tuttavia

l'apparato eudiometrico inventato dal Regnault, gli ha permesso di riconoscere quelle tenui differenze. La più forte quantità di ossigeno trovata nell'aria di Parigi, ammontò a 20,999; la più debole, a 20,913; la media generale fu di 20,960 circa. Del pari, l'aria raccolta a Calcutta nel 1849, durante una invasione di Coléra, si trovò fornita di una quantità di ossigeno notevolmente minore della normale (20,389); e le esperienze ozonometriche di Schoembein, delle quali io farò cenno nella mia XIX^a Lezione, confermano questo risultamento. L'aria raccolta nei mari polari dal Capitano Ross si allontana poco dalla composizione dell'aria normale; lo stesso dicasi di quella analizzata in Islanda da Bunsen. Il Sig. Levy però, viaggiando dall'Hàvre a Copenaga, trovò, nell'aria raccolta sul mare, una proporzione alquanto minore di ossigeno.

Oltre a' suoi principii essenziali, l'atmosfera contiene ancora in variabili ma sempre assai deboli quantità, l'acido carbonico; gaz non permanente, che ha potuto essere liquefatto sotto una forte pressione, assecondata da un freddo intenso. Si è pure riusciti a congelarlo, sotto la forma di una bianca e leggera neve, il cui contatto con la pelle produce l'effetto di una scottatura.

Una delle più maravigliose armonie della natura è la stupenda legge di mutuo ricambio, per cui i vegetali aspirano con le loro foglie il carbonio abbandonato dalla respirazione degli animali, e restituiscono a questi ultimi l'ossigeno che, elaborato nei loro polmoni, ne mantiene la vita. Il regno animale non potrebbe sussistere senza il regno vegetale, poichè quest'ultimo soltanto ha la facoltà di produrre con elementi inorganici materie organiche, cioè di formare combinazioni ternarie e quaternarie. Queste combinazioni nutriscono l'animale erbivoro, che, a sua volta, alimenta il carnivoro. Ma la vita animale, che senza la vegetale si spegnerebbe, restituisce alle piante il carbonio che ne ha ricevuto, compiendo sempre quell'eterno movimento circolare, che è la legge di tutto il creato.

L'aria contiene altresì vapore d'acqua in gradi variabili, da 0,0033 fino a 0,0166 del suo peso, secondo la temperatura,

Digitized by Google

l' altezza e la latitudine. — Lo studio dei fenomeni speciali dipendenti dallo stato igrometrico dell' aria, formerà argomento delle nostre lezioni XVII^a e seguenti.

Altre sostanze gazose, quali l'ossido di carbonio e gli idrogeni carbonati, s' incontrano in tenuissima proporzione nell' atmosfera. Lo stesso dicasi dei germi d' infusori, del polline di certi fiori, delle materie di origine organica, che producono i miasmi, dei quali la scienza medica non ha ancora sventuratamente tutto finora penetrato il segreto.

L' atmosfera è la sede nella quale si svolgono i più interessanti fenomeni della Fisica del globo, le meteore ignee, acquee, elettriche, magnetiche, luminose, acustiche ecc.

Fra tutte le forze, quella la cui possente azione si fa più energicamente sentire non solo nell' atmosfera, ma in tutte le parti dell'universo, e quella che può considerarsi siccome la suprema forza animatrice e motrice della materia, è il *Calore*. — Io confido che potrò riuscire (ed è questo uno dei principali intenti che mi sono proposto in questo mio Corso) a mostrarvi che questa forza è il grande e fecondo principio di tutti i movimenti dei quali la Fisica del Globo studia le complicate ma armoniche leggi; e che tra le pressioni barometriche, le idrometeore, i fenomeni elettrici, le curve magnetiche, da una parte, ed il calore, dall' altra, esistono intime, costanti e perfettamente assegnabili relazioni. — Se vi ha un vanto, al quale io aspirerei con tutta la possa dell'animo mio, è questo appunto: — di pervenire, cioè, a mettere in chiaro la connessione profonda ed indestruttibile, che regna fra tutti questi fenomeni, portando così una modesta e piccola, ma non inutile pietra a quel grande edificio che vanno oggi innalzando le scienze sulla tetragona base della essenziale *Unità delle forze fisiche* — Noi cominceremo adunque dallo esaminare i fenomeni meteorologici riguardanti la *Temperatura*.

II.

Indipendentemente dal calore che il nostro globo riceve dal sole, esso è fornito di una temperatura sua propria. Le esperienze fatte a Parigi nei sotterranei dell'Osservatorio, hanno indotto i Fisici ad ammettere che nel sottosuolo esista uno strato, la cui temperatura è, da secoli almeno, invariabile. Nel 1730 Lahire avea già riconosciuto che il grado di calore di quei sotterranei era costantemente rimasto lo stesso nel corso di un anno. Un analogo risultamento ottenne nel 1771 il seniore dei Cassini; e, condotto dal suo spirito eminentemente filosofico, comprese l'importanza degli insegnamenti che si poteva sperare di dedurne. Pose quindi sul suolo di quei sotterranei, in un vaso di vetro pieno di finissima sabbia, un termometro costrutto appositamente da Lavoisier con mercurio ben purificato, il quale permise di estimare un mezzo centesimo di grado. Le osservazioni di Cassini, proseguite per 32 anni da Bouvard con le più assidue cure, provarono che la temperatura di quel sotterraneo è costante ed eguale ad 11°, 82. Si osservarono bensì in questi ultimi anni variazioni di 0°,220; ma si riconobbe altresì ch'esse provenivano da una accidentale corrente d'aria formata da certi lavori intrapresi nelle vicinanze. È quindi lecito di affermare che, nelle nostre latitudini, a 30 metri al di sotto della superficie del suolo, regna una temperatura costante. Sembra provato che nelle più alte latitudini questa temperatura si trovi ad una maggiore profondità; e, reciprocamente, le osservazioni di Boussingault gliela hanno presentata ad 1 piede appena dalla superficie nella zona torrida.

Il Sig. Pouillet ha opinato che nelle latitudini nostre: 1.° le variazioni diurne non si fanno sentire ad una profondità maggiore di 1 metro; 2.° le temperature medie annuali dei vari strati differiscono poco dalla media annuale dell'aria; 3.° le differenze tra il massimo ed il minimo di ogni strato diminuiscono in progressione

geometrica per profondità crescenti in proporzione aritmetica, a partire dalla superficie; 4.° la variazione annuale non è che di 1 grado alla profondità di 8 a 9 metri; di 0°,1, a 15 o 16 metri; a 20 o 25 metri, essa non è che di $^1/_{100}$ di grado; 5.° alla profondità di circa 8 metri, ove la variazione trovasi di 1 grado, le stagioni sono precisamente capovolte, vale a dire che il massimo si ha verso il 1.° di gennaio, ed il minimo sullo scorcio del giugno.

La temperatura delle miniere e dei pozzi artesiani ha permesso di verificare ciò che per analogia si poteva presupporre *a priori*. Le prime esperienze di questa natura furono fatte da Geusanne nel 1740 nelle miniere di piombo di Giromagny in Francia; nel 1785 De Saussure le ripetè nel Cantone di Berna, ed Humboldt nel 1791, nelle miniere di Freyberg. Successivamente simili prove furono eseguite in un gran numero di altre parti del globo; e sempre e dovunque confermavano la legge che la *temperatura cresce con la profondità*. La legge poi di questo aumento non è uniforme: Philipps, in un pozzo di miniera a Newcastle, trovò un incremento di 1° per ogni tronco di 32^m,4; Reich, nei pozzi di Sassonia, riconobbe invece 1° per ogni tronco di 41^m,84; mentre Arago, nel pozzo di Grenelle, misurò 1° ad ogni 33^m.

Sulle importanti conseguenze alle quali queste osservazioni conducono intorno alla costituzione del globo ed alla riazione delle interne parti contro la superficie, ritornerò ampiamente in altre parti del mio corso. Per ora mi basti il dedurne che (com' io accennava poc' anzi) la Terra ha una sua propria temperatura, sulla quale il calore emesso da altri corpi da lei più o meno lontani non esercita influenza veruna sensibile.

Sulla superficie della terra però e nell' atmosfera che la circonda, si è questo calore *del di fuori* che esercita la principalissima influenza; e si è quindi allo studio delle leggi che imperano sulla distribuzione di questo calore, che ora noi dobbiamo volgere tutta la nostra attenzione.

L' illustre fisico francese Pouillet, che ho già poc'anzi citato, in un eccellente lavoro sul calore degli spazi planetari, ha cal-

colato che la loro temperatura dev' essere di circa 142 gradi al di sotto di quella del ghiaccio fondente. Giusta le sue esperienze, se il sole non facesse sentire la sua azione sul nostro globo, la temperatura vi sarebbe dovunque uniforme, e di 89 gradi sotto lo zero. Questo primo passaggio da un freddo di 142 gradi ad un freddo meno eccessivo di 89, è dovuto alle radiazioni di tutti gli astri, che popolano il firmamento. Ognuna di quelle stelle, infatti, è un sole, e se la loro distanza è enorme, infinito è altresì il loro numero, ed è così grande la loro azione calorifica sugli spazi che il sistema solare percorre. Pouillet ha dimostrato che questa azione sarebbe capace di fondere in un anno, sulla superficie della terra, uno strato di ghiaccio dell' uniforme spessore di 26 metri.

Giova osservare qui, pur tuttavolta, che la determinazione della temperatura degli spazi planetari è alquanto più complessa di ciò che il Pouillet supponeva, e che varie influenze da lui non calcolate modificano notevolmente le conclusioni alle quali egli era arrivato. Come ha osservato il Sig. Emmanuele Liais nella sua bella opera *L' Èspace Celeste,* l' atmosfera non irradia già la stessa quantità di calore verso il suolo e verso lo spazio; questa eguaglianza si verificherebbe soltanto se la temperatura fosse la stessa in tutto lo spessore delle masse atmosferiche, mentre che nel fatto essa diminuisce, nel senso che le regioni inferiori irradiano più delle superiori. Nell' atto che il calore emanato dagli strati più bassi giunge al suolo senza sensibile assorbimento, quello invece che gli strati medesimi proiettano verso lo spazio è assorbito in gran parte dalle porzioni alte dell' atmosfera. È bensì vero che un inverso fenomeno ha luogo per queste ultime; ma siccome la loro radiazione è minore di quella delle inferiori regioni, non vi ha quindi compensazione. Calcolando il rapporto delle due irradiazioni verso lo spazio e verso il suolo, mercè della legge del decremento della temperatura con l' altezza sul livello del mare, e mercè del potere di assorbimento dell' aria sui suoi raggi, il Sig. Liais ha trovato che questo rapporto è quello da 3 a 4. Quindi i quattro settimi del calore perduto dall' atmosfera

terrestre sono diretti verso la terra e i tre settimi sono lanciati nello spazio. Or bene, siccome Pouillet, per calcolare la temperatura degli spazi celesti percorsi dalla terra, non aveva tenuto conto di questo elemento, aveva quindi supposto una uniformità di irradazione che non esiste, epperò il risultamento al quale era pervenuto non può essere esatto. Altri elementi furono pure trascurati dall'illustre fisico; ma siccome noi non abbiamo, nel caso nostro, bisogno di una assoluta e geometrica esattezza, accetteremo quindi i suoi dati come sufficientemente precisi.

Lo stesso scienziato ha provato altresì che, se il calore che ci è annualmente versato dal sole fosse uniformemente sparso sulla faccia della terra, basterebbe a fondervi uno strato di ghiaccio di 31 metri di spessore: esso equivale per noi a quello che produrrebbe la combustione di una falda di carbone di 250 millimetri di spessore avvolgente tutta intera la terra. Da questo possiamo inferire un concetto della potenza termica del focolare centrale del nostro sistema, quando però ricorderemo che esso irradia egualmente in tutte le direzioni, che la terra non occupa nel cielo scaldato dal sole se non una impercettibile estensione, e che, ciononostante, la porzione di calore ch'essa riceve, corrisponde a quella che emanerebbe dalla combustione di circa 30 milioni di metri cubi di carbone per ogni minuto secondo!

Senza entrare qui nelle ricerche, nel nostro programma non comprese, circa alle origini del calore solare, senza discutere la ipotesi di Mayer, di Thompson, di Tyndall (la più accreditata oggidì, secondo la quale l'immensa fornace sarebbe alimentata e mantenuta dalla continua caduta di materia cosmica, sotto forma di aereoliti, di asteroidi e di comete sul sole), procuriamo più modestamente invece di formarci una chiara idea delle leggi che presiedono alla distribuzione geografica del calor solare.

Esso è molto inegualmente ripartito sulla superficie del globo. — Durante ogni periodo diurno la forza de' suoi raggi ci sembra aumentare dal sorgere dell'astro, fino al suo passaggio al meridiano, e poi gradatamente affievolirsi verso la sera. Ciò non può

dipendere dalle variazioni della distanza della terra al sole, che durante una sola giornata resta sensibilmente la stessa; ma a misura che i raggi solari vengono a colpire più obliquamente la superficie terrestre, ne coprono una più grande estensione, epperciò ogni unità di superficie ne riceve una minore quantità. Ciò che si verifica in un dato punto del globo nelle differenti ore del giorno, si riproduce nella stessa ora nei differenti punti di uno stesso meridiano, da un polo all' altro.

A ciò s' aggiunga che l' obliquità, l' inclinazione dei raggi solari, li obbliga a traversare zone più spesse dell' atmosfera, e a disperdere perciò negli strati di questa una maggior somma di calore, prima di essere giunti alla terra.

Sarà agevole osservare gli effetti di questa obliquità dei raggi solari, volgendo uno sguardo sulla figura che traccio sul quadro. I due raggi I ed I' *(Fig. 18)* hanno volume eguale, ed eguale potenza termica, quando entrano nell' atmosfera A; ma il secondo raggio I' si riparte fra un maggior numero di punti della superficie terrestre T, epperò la sua azione calorifica in ciascun punto è minore di quella del primo raggio I, che vi cade verticalmente. Inoltre, il raggio obliquo I' percorre nell' atmosfera una strada notevolmente più lunga che il raggio normale I, ed una maggior quantità del suo calore è quindi assorbita e diffusa nell' atmosfera. Il Signor Pouillet ha calcolato che sulla somma totale di calore giunta ai limiti superiori dell' atmosfera, i cinque o sei decimi soltanto, in media, arrivano fino alla terra; il rimanente è assorbito o diffuso nell' involucro aereo. La perdita però varia molto, a seconda della lunghezza della via percorsa.

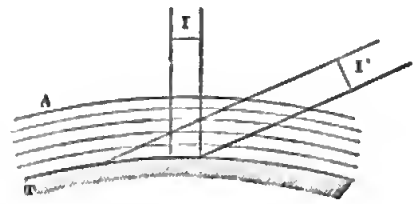


Fig. 18. — Obliquità dei raggi solari.

Quel fisico eminente ha dimostrato che la quantità di calore che la terra riceve dal sole sopra ogni centimetro quadrato e per

ogni minuto, è, nel senso dell' incidenza perpendicolare, capace d' innalzare di 1° la temperatura di gramm. 1, 7633 d' acqua distillata; e le sue ricerche, unitamente a quelle dei sigg. Gasparin e Quetelet, si accordano nel provare che l' atmosfera assorbe, per l' incidenza normale, i 2 decimi di questa quantità, lasciando passare gli 8 decimi. Ma da una serie di curiose esperienze del signor Volpicelli risulta che l'irradiazione solare si compone di raggi pei quali la potenza di trasmissione è molto variabile; per lo che, noi non considereremo il valore 0, 8 se non come la media delle potenze di trasmissione dei differenti raggi del sole. Or bene, quando questi, arrivando obliquamente alla terra, traversano uno spessore atmosferico differente da quello di una colonna verticale aerea, la potenza di trasmissione è eguale a 0, 8 moltiplicato tante volte per sè stesso quante volte la massa traversata comprende l' altezza della colonna verticale. Infatti, il primo strato dello spessore necessario per eguagliare quest' ultima non lascia passare che gli otto decimi del calore incidente. Il secondo strato non lascierà passare che gli 8 decimi di questi 8 decimi, e così via di seguito. Il signor Liais fa giustamente osservare, del resto, che, per calcolare il rapporto delle masse aeree traversate secondo le diverse incidenze e secondo la normale, è d' uopo notare che quanto più è bassa l' atmosfera, tanto meno questo rapporto differisce dalla secante della distanza zenitale, vale a dire dal valore che avrebbe se la terra fosse piana e non sferica. Per gli strati inferiori, che sono al tempo stesso i più densi e quelli che assorbono di più, il rapporto in questione si accosta dunque di più a questa secante, che per le regioni superiori.

III.

In virtù delle cause fin qui descritte, una prima circostanza che fa variare la distribuzione geografica delle temperature, è la latitudine. Sotto l' equatore, ove i raggi piovono verticalmente, la

quantità di calore deve esser maggiore, che nelle zone gradatamento più distanti dalla linea equinoziale, alle quali il sole non manda che di mano in mano più obliqui ed inclinati i suoi raggi. Mentre al Cairo o a Cumana troviamo frequenti le giornate estive con 40 gradi cent. di calore, il viaggiatore Pallas sperimentò in Siberia un freddo di 40 gradi cent. sotto lo zero.

Ma se è vero che, in generale, la temperatura diminuisce rapidamente dall' equatore verso i poli, la legge di decremento è ben lontana dall' essere uniforme e regolare. Vi hanno punti del globo situati sopra uno stesso parallelo, eppure aventi temperature molto diverse; come, reciprocamente, vi sono luoghi che possiedono lo stesso grado di calore, benchè posti in latitudini assai differenti.

Molte sono le cause variabili che vengono a perturbare l' azione della causa costante; ed il loro studio, dopo che scienziati come Humboldt, Dove, Lyell, Prevost, Hopkins, ed altri lo hanno illustrato, forma una delle parti più interessanti della Fisica del globo.

Fra queste cause, giova in primo luogo annoverare la prossimità e la lontananza dai mari. — Abbiamo già notato in una precedente lezione che le acque oceaniche si raffreddano e si riscaldano meno rapidamente dei continenti, e conservano quindi più facilmente una moderata temperie. È questa la cagione per cui i luoghi posti in riva ai mari vanno, a parità di latitudine, meno soggetti a climi estremi per caldo o per freddo, che le contrade interterranee. Le correnti marine hanno pure (noi lo vedemmo) per effetto di distribuire sulle coste da esse visitate l' influenza calorifica o refrigorante, che hanno attinta nei luoghi d' origine. Non avrete, spero, dimenticato il benefico influsso del *Gulf-Stream* sulle regioni nord-occidentali di Europa.

È da osservare inoltre che le terre umide o ricche di una copiosa vegetazione consumano, per l' evaporazione dell' acqua e per la crescenza delle piante, una quantità maggiore di calore, che le terre aride e nude; il calore disponibile e libero essendovi

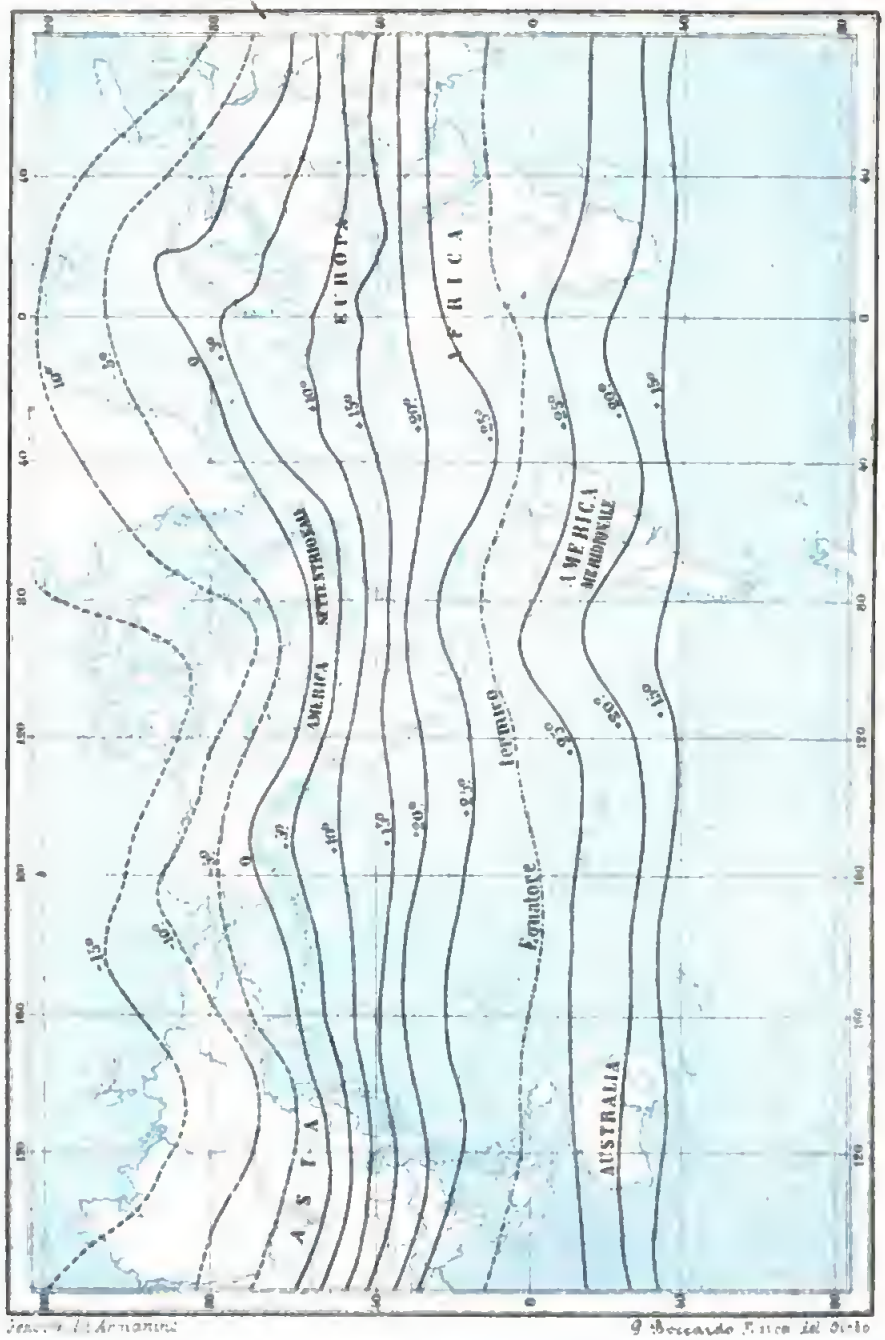
minore, esige una minore elevazione di temperatura per diffondersi al di fuori.

Ciò che dicemmo delle correnti marine, fa d' uopo, con maggior ragione, ripeterlo delle correnti aeree e dei venti, che (come a suo luogo vedremo) trasportano molto inegualmente le calorie alle diverse latitudini della terra.

Spesso il clima di una contrada è influenzato da circostanze, che hanno la loro sede in luoghi lontanissimi da lei. Il Dott. Hector ha osservato che i venti di N. O., quando spirano per vari giorni successivamente dall' Australia verso l' isola media della Nuova Zelanda, sono così caldi ed asciutti, che cagionano sovente grandi inondazioni, pel subito squagliarsi delle nevi sulle Alpi meridionali di quell' isola. Quell' Autore osserva che se l' Australia fosse sommersa nell' Oceano, i ghiacciai che occupano ora spazi abbastanza considerevoli, nella Nuova Zelanda, ne coprirebbero spazi di gran lunga maggiori. — I Geologi credono positivamente che una delle cagioni per cui, durante il periodo glaciale, i ghiacciai delle Alpi e delle altre montagne dell' Europa centrale ed occidentale si stendevano molto più a Sud dei punti ove giungono di presente, come attestano con evidenza le morene ed i blocchi erratici che vi hanno in tante parti lasciato, sia da ricercarsi nella esistenza, del pari manifestamente provata da molte vestigia, di un mare, vasto come il Mediterraneo, in quel bacino africano che, prosciugatosi poi, formò il deserto del Sahara. I venti di Sud, di Libeccio, che ora portandoci il calore raccolto sulle sabbie infuocate del deserto, sciolgono perpetuamente grandi masse di ghiaccio, venivano allora invece freddi e saturi di umidità, raccolta nel loro passaggio sopra un ampio mare, umidità che deponevano poscia sui fianchi delle terre europee, accumulandovi appunto immensi ghiacciai.

Fu Alessandro Humboldt il primo che abbia ideato di tracciare una carta delle temperature, facendo passare una serie di linee per tutti i punti, la cui temperatura media è eguale. A queste linee dette *Isotermiche* (dalle parole greche *isos*, eguale, e *thermè*, calore), furono poi aggiunte anche le linee *Isoteriche* (o linee di eguale

Digitized by Google



Jenoire del Armanini G. Boccardo Fisica del Globo

Digitized by Google

calore estivo) e le linee *Isochimeniche* (o linee di eguale freddo jemale). I successori di Humboldt, e sovratutto il signor Dove di Berlino, hanno condotto a somma perfezione questo lavoro.

La tavola ch' io vi pongo sott' occhi, o Signori, vi porge una idea delle medie temperature annuali alla superficie del globo.

In prossimità dell' equatore terrestre io ho tracciato una linea, la quale non è una vera isotermica, poichè la temperatura media non vi è punto la stessa in tutti i luoghi ch' essa traversa; ma siccome essa passa per tutti i punti del Globo, nei quali la temperatura di ciascun meridiano è massima, così abbiamo chiamato questa linea *Equatore Termico*. Essa, come vedete, non coincide quasi mai con l' Equatore geografico. Nell' Oceano Indiano se ne scosta, incurvandosi nell' emisfero boreale, mentre nel Pacifico, dopo avere tagliato l' equatore presso al 160° di longitudine E. dal meridiano di Parigi, si inflette verso l' emisfero australe, interseca di nuovo l' equatore non lungi dal 120° di longitudine O., rimontando a Nord fino al Mare delle Antille, dove la sua elevazione boreale è dovuta principalmente all' esistenza della corrente equatoriale dell' Atlantico, che porta le acque più calde verso quei paraggi. Ridiscendendo quindi a Sud, procede sensibilmente uniforme all' equatore, fino alla costa africana; ma i deserti del Sahara e poi quelli d' Arabia, e poscia l' esistenza, nelle regioni equatoriali del Pacifico, di una corrente analoga a quella dell' Atlantico, producono l' inflessione che assume verso il nord l' equatore termico sulla superficie asiatica e nei mari dell' India.

Non meno dell' equatore termico, anzi più assai di lui, sono, in generale, sinuose le linee isotermiche, disegnate nella nostra Carta. Le loro curvature dipendono dalle varie cagioni che ho poc' anzi enumerate. Osserverete, innanzitutto, in prossimità dell' Equatore, una zona, la cui temperatura media annuale è di 25° e più, compresa fra le due linee segnate + 25°. Noteremo poi nell' emisfero boreale due regioni, l' una a settentrione dell' America, l' altra a N. della Siberia, la cui media temperatura annua è inferiore a 15 gradi al di sotto del ghiaccio fondente: queste

regioni sono limitate a mezzodì dalla curva segnata — 15. Una regione analoga si trova nell' emisfero australe, la quale anzi è più vasta di quella del nostro emisfero, ma i suoi limiti sono assai meno precisi. Tra le linee estreme + 25 e — 15, sono disegnate sulla nostra Carta sette linee isotermiche, rappresentanti di 5 in 5 gradi le temperature intermedie di questi 40 gradi della scala termometrica.

IV.

Se noi volgiamo ora sulla nostra carta uno sguardo comparativo, non tardiamo guari a riconoscere che, a parità di latitudine, l'Europa ha una temperatura più alta di quella delle contrade corrispondenti in America. Muovendo da questa parte del mondo, tutte le isotermiche che vengono all'Europa traversano diagonalmente l' Atlantico, per inflettersi molto energicamente verso tramontana. Così, per es., Cumberland-House, in America, avendo la stessa latitudine della città d' York in Inghilterra, sta sotto una linea isotermica, che noi dobbiamo andar a cercare in Europa al Capo Nord, alla latitudine di 71°, benchè poi il massimo calore estivo di Cumberland-House ecceda quello di Brusselle e di Parigi. La precipua cagione, ben dice A. Humboldt, della maggiore intensità del freddo nelle corrispondenti latitudini dell' America boreale, al paragone dell' Europa, è la connessione del Nuovo-Continente col circolo polare artico, per mezzo di un vasto tratto di terra, porzione del quale è, per soprassello, alto da 1000 a 1600 metri sul livello dell' Oceano; mentre invece l' Europa è separata dal circolo polare, mercè dell' interposizione di un mare. L' Oceano tende, come io l' ho già fatto osservare, a conservare dovunque una media temperatura, che comunica alle contigue terre, mitigandone così gli estivi calori, come i freddi jemali. A questa prima cagione dell' accennata differenza, d' uopo è aggiungere l' azione del Gulf-Stream, che va ad intiepidire le acque della Laponia, mentre

invece le correnti polari scendono a ghiacciare quelle della opposta Groenlandia.

Notevolissima è, sotto questo rispetto, la condizione climatica delle isole poste a sud ed a sud-ovest dell'America. La terra di Sandwich, la quale occupa, nell'emisfero australe, la stessa latitudine che ha la Scozia nell'emisfero boreale, fu trovata da Cook, durante il più caldo mese dell'anno, coperta di uno strato di più braccia di perpetua neve. La Georgia, isola lunga 90 miglia e larga 10, nella latitudine della contea d'York in Inghilterra, nella grande estate, è interamente coperta di neve ghiacciata. La sua vegetazione consiste di poveri licheni e di erbe stecchite; non ha che una sola specie di propri augelli *(Anthus correndera)*, nell'atto che l'Islanda, benchè 10° più prossima al polo, possiede quindici specie di volatili. Le Shetland Australi, nella stessa latitudine della metà più meridionale di Norvegia, non hanno che pochi licheni e piante erbacee; ed il luogotenente Kendall trovò la baia, ov'era ancorato, in istato d'incipiente congelazione, in un periodo corrispondente al nostro 8 di settembre. Il suolo di quelle isole consiste di ghiaccio e di ceneri vulcaniche interstratificate; e poco al di sotto della superficie, esso deve durare perpetuamente congelato, perocchè il luogotenente Kendall vi trovò il cadavere di un marinaio straniero, da gran tempo sepolto, con le carni e le fattezze del volto perfettamente conservate! Egli è ben singolare (osserva a questo proposito il Darwin nella bellissima Relazione del suo viaggio di circumnavigazione sul *Beagle)* che sui due grandi continenti nell'emisfero boreale (ma non sull'accidentata terra d'Europa, ad essi frapposta) noi abbiamo la zona del sottosuolo perpetuamente gelata in una bassa latitudine, — cioè nel 56° in America alla profondità di tre piedi, ed a 62° in Siberia alla profondità di dodici a quindici piedi, — siccome il risultamento di una condizione di cose esattamente opposta a quella dell'emisfero australe. Sui continenti boreali, l'inverno è renduto eccessivamente freddo dalla radiazione di una vasta area di terra in un chiaro spazio celeste, nè è desso temperato dalle calde

correnti del mare; la breve estate, dall'altro lato, è assai calda. Nell'Oceano australe, al contrario, l'inverno non è eccessivamente freddo, ma l'estate è assai meno calda che nell'opposto emisfero, perocchè il cielo nubiloso di rado permette ai raggi solari di scaldare la massa oceanica, che per sè stessa è cattiva assorbente del calore; e quindi la media temperatura annuale, che regola la zona del sottosuolo perennemente congelato, è bassa. Egli è evidente, osserva il citato Darwin, che una permanente vegetazione, la quale non tanto richiede calore quanto protezione da intenso freddo, si accosterà molto più prossimamente a questa zona di perpetua congelazione sotto l'equabile clima dell'emisfero australe, che non sotto il clima estremo dei continenti boreali.

Sarebbe però un grave errore lo estendere in modo troppo assoluto la legge indicata poc'anzi, dell'influenza refrigerante che hanno le terre. Se queste sono situate fra il 45mo parallelo e l'equatore, producono (a meno che non sieno a grande altitudine) esattamente l'opposto effetto, scaldando cioè i tratti di terra o di mare frapposti a loro ed ai poli. Imperocchè la terrestre area essendo allora esposta ai verticali o poco inclinati raggi del sole, assorbe una grande quantità di calore, ed innalza quindi la temperatura della sovraincumbente atmosfera. È questa la ragione per cui, come bene osserva il Malte-Brun, le parti occidentali dell'antico continente ritraggono calore dall'Africa, la quale, come una immensa fornace, distribuisce i suoi ardori all'Arabia ed alla Turchia in Asia, ed a tutta l'Europa. Le estremità nord-orientali dell'Asia provano, al contrario, estremo freddo, avendo a settentrione la terra di Siberia, tra il 65mo ed il 70mo parallelo, mentre a Sud sono separate dall'equatore per mezzo dell'Oceano Pacifico.

Una conseguenza della più uniforme temperatura delle acque dell'Oceano, è che le isole o i paesi litorani godono un più mite clima delle contrade interterranee e continentali. L'Europa intera, con le parti orientali di America e d'Asia, fruisce un *clima insulare;* nell'atto che le boreali provincie della China e la regione Atlantica degli Stati Uniti, hanno un *clima eccessivo* o *continentale.*

Noi troviamo, dice Humboldt, a New-York le estati di Roma e gli inverni di Copenhaghen; ed a Quebec l'inverno di Pietroburgo e l'estate di Parigi. A Pechino, nella China (osserva Lyell), dove la media temperatura dell'anno è quella delle coste di Bretagna, la canicola è peggiore che al Cairo, ed il freddo è più rigido che ad Upsala.

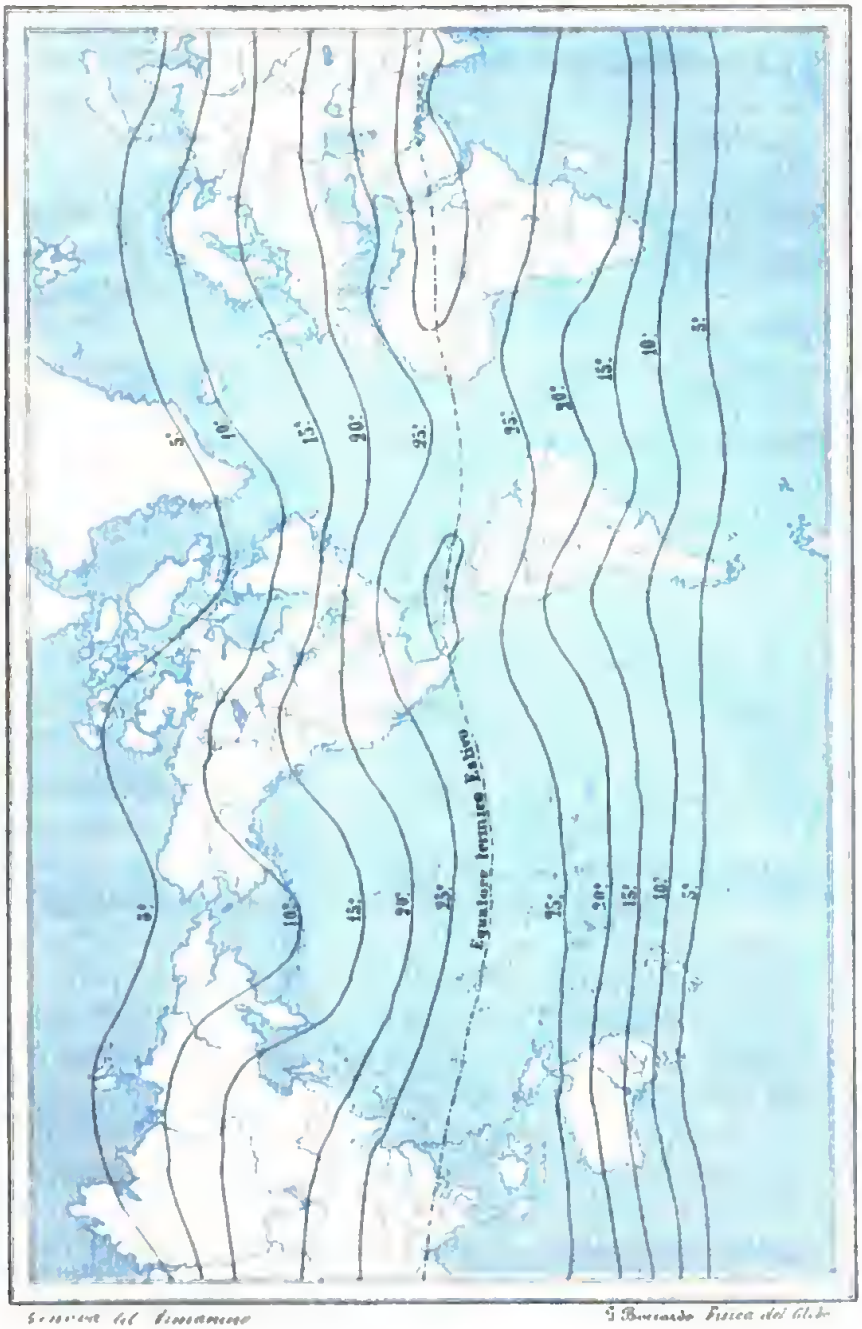
In quanto alla nostra Italia, fa d'uopo distinguervi due diverse zone isotermiche. L'una (la più meridionale) stendesi fra 15 e 20 gradi centigradi; l'altra, la settentrionale, fra 10 e 15. La prima, la più calda, ha per limiti meridionali le piagge africane del Mediterraneo; e per confine boreale, una linea sinuosa, che traversa, al suo uscire dall'Atlantico, la frontiera del Portogallo, le campagne sub-pirenaiche della Spagna, l'antica provincia del Roussillon in Francia ed una parte della Provenza, la Liguria nostra (sulla quale più di proposito ritorneremo in sul finire della presente lezione), taglia la penisola poco al di sopra di Roma, e traversa l'Appennino, per abbassarsi ripidamente verso l'Adriatico. — La seconda e men calda zona comprende le regioni superiori del territorio, dal limite subappennico citato poc'anzi (per la Liguria), e dai dintorni di Roma, fino ai confini boreali della valle padana. L'Italia non è quindi *una* pel clima: è africana per una sua grande porzione, mentre l'altra ha comuni le sue condizioni termiche con una gran parte della Francia e dell'Inghilterra. A Torino, io mi rammento di aver veduto il termometro centigrado discendere (al Valentino) a — 17; a Genova siamo già quasi spaventati, e deserte sono le strade, quando discende ad uno o due gradi sotto lo zero; a Napoli, a Cagliari, a Palermo cinque o sei gradi sopra questo punto costituiscono un rigoroso inverno. Partendo da Novi o da Alessandria, a' piedi dell'Appennino, noi possiamo, in poche ore, percorrere, fino a Susa, tutta la serie dei climi e delle vegetazioni delle regioni temperate; e due o tre giorni di viaggio, dalla costiera romana od anche dalla genovese, fino alle prime pendici del Rosa o del Monte Bianco, ci fanno successivamente assistere alla gamma intera delle temperature e del mondo organico, che abbraccia, ad un de' suoi

limiti, la climatologia e la flora africana, ed, all' altro, la polare. Queste grandi differenze fisiche, meteorologiche e telluriche, unitamente ad altre, non meno grandi al certo, etnografiche e storiche, bastano (ch' io creda, e siami qui lecito il ricordarlo) a spiegare ed a rendere agli occhi di ogni discreto estimatore, perfettamente giustificate le difficoltà che incontra il nostro bene augurato movimento di nazionale unificazione; movimento però che, nonostanti cotali difficoltà, deve (io ne ho profonda la fede) compiersi e coronarsi di felice e pieno successo, a malgrado degli insulti e dei dileggi che dall' alto della tribuna francese non cessa di scagliarci una politica, che potrebbe essere più accorta, se non più generosa.

V.

La tavola delle isotermiche, sulla quale abbiamo sin qui concentrato la nostra attenzione, non rappresenta che uno stato medio calorifico, al di sopra o al dissotto del quale oscillano i diversi stati che, durante l' anno, si succedono in ogni singolo paese. — Ma più ancora di questo stato medio, importa conoscere le variazioni che le linee di eguale calore subiscono nelle diverse contrade nel corso delle differenti stagioni. — Egli è perciò che accanto alla tavola delle linee isotermiche, vi sottopongo, o Signori, queste altre due tavole, l' una delle quali rappresenta le linee *Isochimeniche*, o di eguale inverno, e l' altra le linee *Isoteriche*, o di eguale estate.

Da una semplice ispezione di questi due quadri, voi osserverete per quali notevoli caratteri essi differiscano dal precedente. Le Isochimeniche e le Isoteriche deviano dai paralleli terrestri molto più energicamente ancora delle Isotermiche. In Europa, per esempio, le linee di eguale inverno sono spesso incurvate per modo, da raggiungere paralleli 9 o 10 gradi distanti l' uno dall' altro,



Genova lit. Timanino

G. Boccardo Fisica del Globo

Digitized by Google

Digitized by Google

nel mentre che invece le linee isotermiche, ossiano linee di eguale calore annuo, in questa parte del mondo, non differiscono che di 4 o 5 gradi di latitudine soltanto.

Le tavole delle linee Isochimeniche ed Isoteriche confermano, del resto, quanto ci avea già insegnato la tavola delle Isotermiche sul clima generalmente rigido ed estremo della America Settentrionale. Cuba ed il Messico meridionale sono traversati dalla Isoterica di 30° e dalla Isochimenica di 20°. Gli Stati del Sud dell'Unione Americana, il Texas, il Mississipi, l'Alabama, la Georgia, la Carolina Meridionale, sono traversati dall' isoterica di 25° e dalla isochimenica di 10°; per cui la temperatura estiva, rimontando da Cuba e dal Messico a queste ultimo contrade, non ha ribassato che di 5°, mentre invece la temperatura jemale ha ribassato di 10°. Andando più a tramontana, troviamo che i laghi Eriè ed Ontario e la Nuova-Scozia sono traversati dall' isotera di 20° e dall' isochimena di 5° al di sotto dello zero; per cui nell' atto che la temperatura estiva, comparata a quella del Golfo del Messico, non ha diminuito che di 10°, la temperatura invernale ha ribassato di ben 25°.

Se noi riuniamo i tre sistemi di curve termometriche, limitati però alla sola Europa, troviamo che l' isotermica corrispondente alla media temperatura annua di 10 gradi scorre lungo l' Irlanda meridionale, traversa l' Inghilterra, la Olanda, la Prussia, scende a borea dei Carpati, della Crimea, del Caucaso, taglia il settentrione del mar Caspio. La stessa linea, nell' estate, trovasi sospinta verso il nord, di circa dieci gradi di latitudine; lo spostamento ch' ella subisce è però molto più grande nell' interno del continente, che sulle coste occidentali. L' isotera di 10° infatti passa al di sopra dell' Islanda, rimonta in Laponia e passa a tramontana di Arcangelo. Il fenomeno inverso si verifica nell' inverno, e l' isochimena di 10 gradi traversa il centro della Spagna nella direzione da N. O. a S. E., passa a mezzodì delle isole Baleari e della Sardegna, traversa le Calabrie, la Grecia e l' Asia Minore. Dalla state all' inverno l' isotermica di 10 gradi percorre

adunque in latitudine non più di una ventina di gradi sulla superficie dell'Atlantico, e non meno di 30 gradi sulla superficie dell'Europa.

VI.

Oltre alle linee termometriche annuali ed a quelle delle stagioni estreme, la moderna meteorologia ha cercato le leggi che nei vari paesi governano le temperature mensili e le diurne.

In quanto alle variazioni calorimetriche mensili, si è riconosciuto che, dall'equatore fino a 10 gradi di latitudine boreale, le temperature medie dei vari mesi cambiano appena di due o tre gradi. Al 20° l'oscillazione comincia a diventare più recisa; e più ancora al 30°, andando poi sempre l'amplitudine sua aumentando, fino al polo. Ciò apparisce dalla tavola seguente, nella

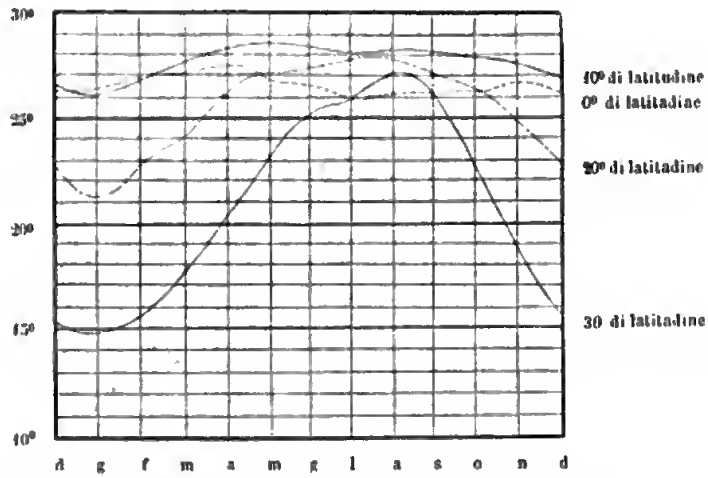
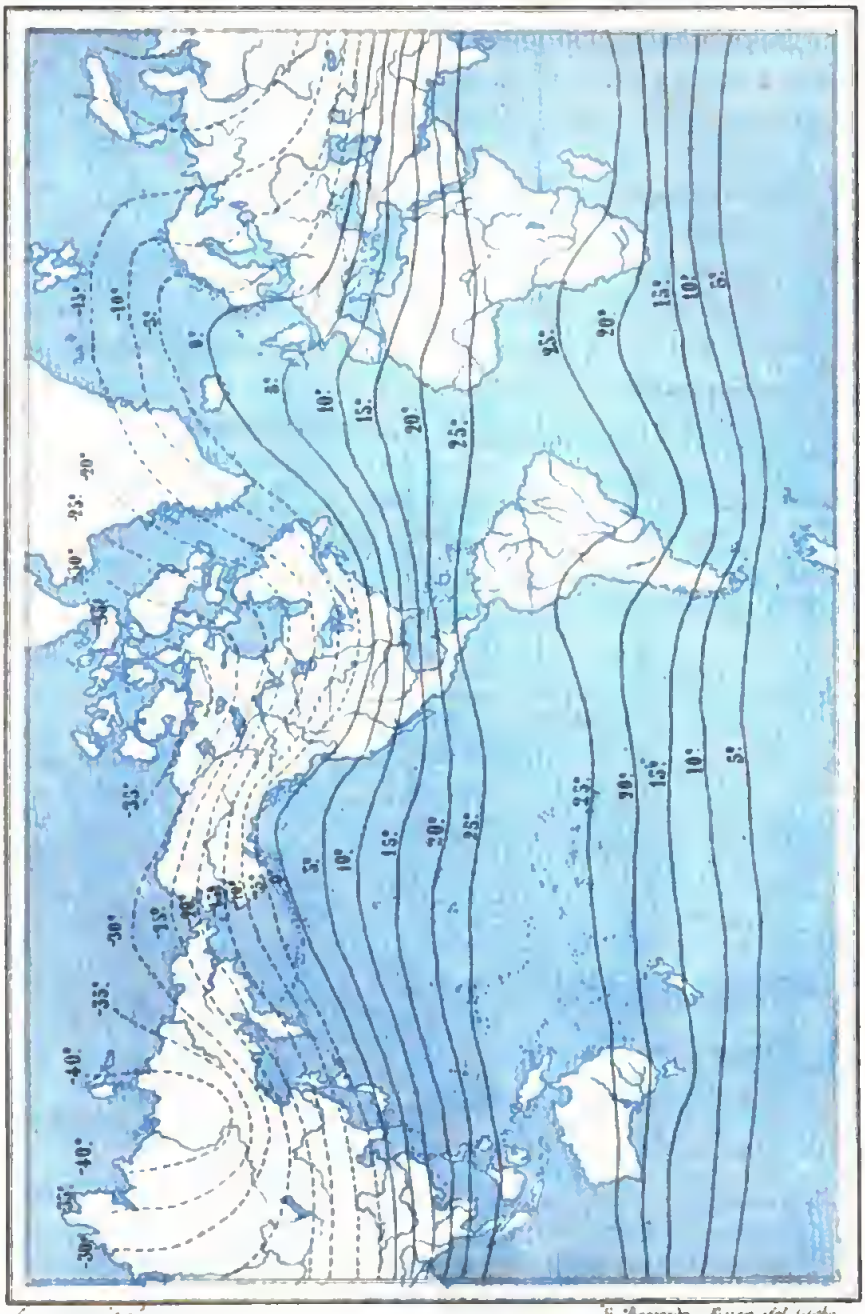


Fig. 20. — Variazioni mensili della temperatura media nella parte boreale della zona torrida.

quale il Prof. Dove (nella classica sua opera *Die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche*) ha dato una idea generale della



Lucca del Romanino G. Boccardo Lucca del Globo

influenza della latitudine sulla variazione mensile termometrica. Ivi si scorge che, mentre le curve sono molto vicine fra loro durante l'agosto, si allontanano di quantità tali che raggiungono persino 11 gradi nel gennaio.

A fronte di queste leggi generali, sarà molto giovevole il consultare quelle che si verificano in quattro differenti regioni comprese nella parte boreale della zona intertropicale, cioè: a Kuka, nel Sudan in Africa; a Calcutta, in Asia; a Messico, in America; e nell'Isola Hawai, in Oceania. Si scorgerà che, mentre in quest'ultimo luogo, la temperatura media mensile non varia che di 5° (da 21° a 26°) dall'inverno all'estate; a Messico, invece, la variazione è già di circa 8° (da 11° a 19°); a Calcutta ed a Kuka è di 12°.

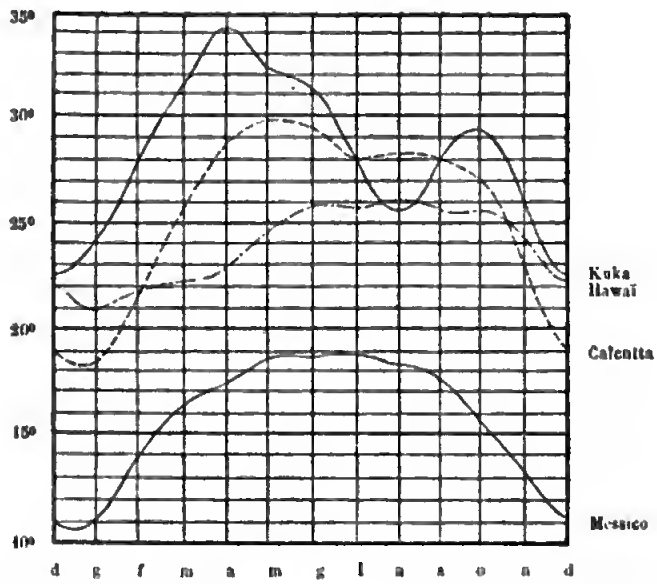


Fig. 21.
Variazioni mensili della temperatura media in quattro punti della zona intertropicale.

Si fa già qui sentire quella predominante influenza dell'altitudine, di cui faremo distinta menzione in progresso della lezione

presente: infatti, a Messico, benchè prossima all'equatore, la temperatura è comparativamente poco alta, a motivo appunto della distanza verticale di questa città dall'Oceano.

Volgiamoci ora alla zona glaciale.

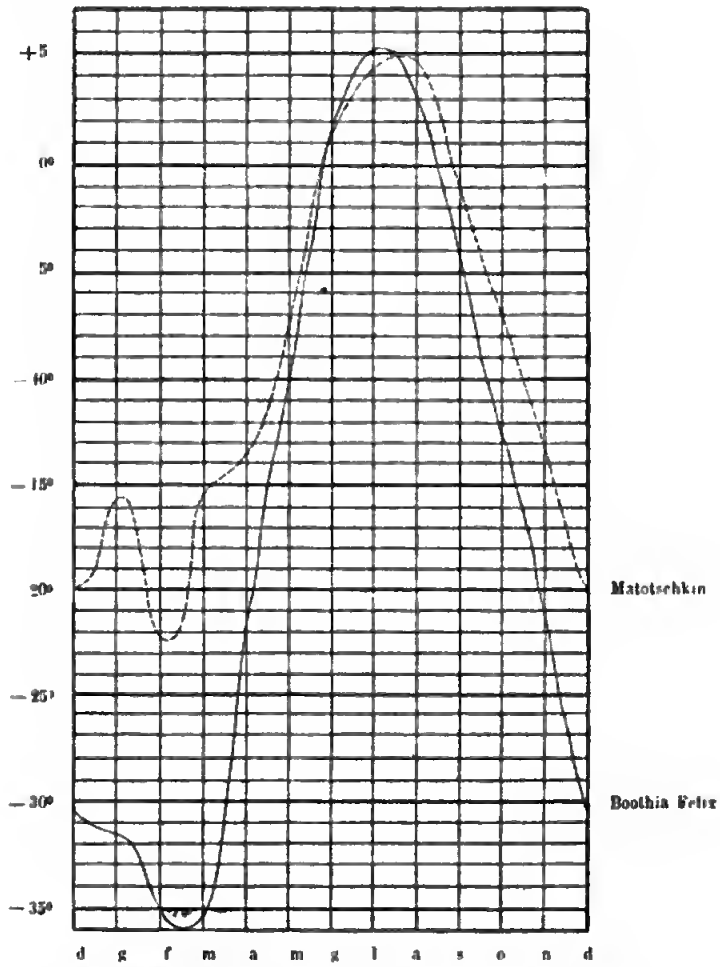


Fig. 22. — Variazioni mensili della temperatura media nella zona glaciale.

Ivi ci apparisce la terra di Boothia-Felix (notevolissima terra, di cui dovremo occuparci, allorchè parleremo del magnetismo

terrestre) nell'America boreale, al di là del 72°. Matotschkin è più vicina ancora al polo, ma nella Nuova-Zembla. In quelle regioni il giorno e la notte crepuscolari durano mesi e costituiscono quasi una sola breve estate ed un unico lungo inverno. Nella prima di

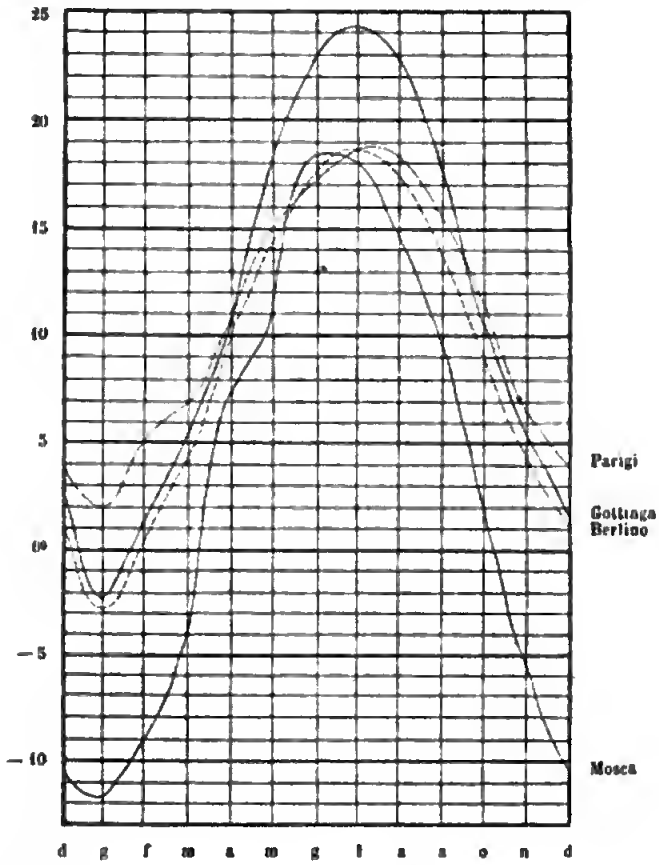


Fig. 23. — Variazioni mensili della temperatura media a differenti distanze dal mare.

queste stagioni, la diuturna presenza del sole compensa l'obliquità dei suoi raggi; ma nell'inverno, nessuna cagione viene a riparare le perdite dovute al notturno raffreddamento. — In generale, procedendo dall'equatore al polo, ciò che caratterizza la differenza delle

temperature non è tanto il ribasso del calore estivo, quanto la graduale abbreviazione della estate, ed il corrispondente prolungamento della jemale stagione.

Le successive figure ci porgono esempi intermedi fra le ghiacciate regioni polari e la zona equatoriale.

La prima di esse (*Fig*. 23) ci offre le curve delle temperature in quattro città, per latitudine non moltissimo distanti fra loro, ma costituite in assai differenti condizioni in quanto a prossimità al mare. Ebbene: a Mosca (la più lontana) l'amplitudine della oscillazione annuale eccede i 30°; mentre a Parigi non arriva a 17°, ed i calori estivi sono eguali in entrambe queste città.

Differentissime invece sono le latitudini delle due città contemplate nella successiva figura (*Fig*. 24) (Leith in Scozia, e

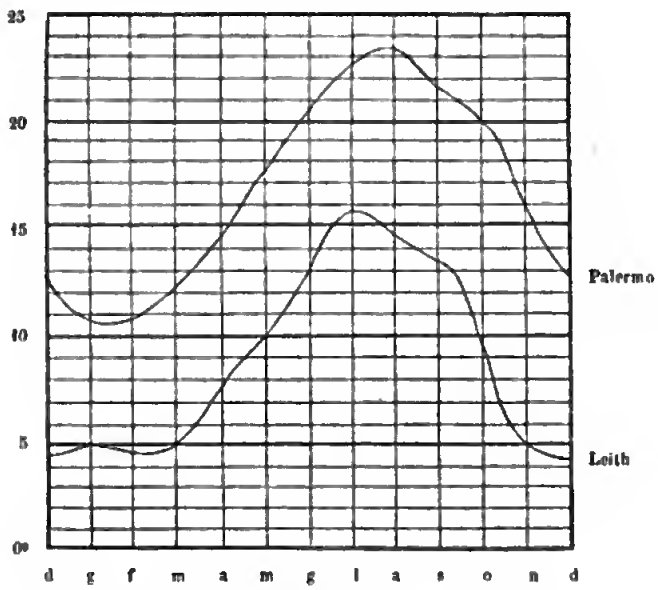


Fig. 24.
Variazioni mensili della temperatura media a latitudini differenti.

Palermo in Sicilia); ma molto analoga la condizione loro dirimpetto al mare. E le due curve sono quindi pressochè paralelle,

e di una quantità pressochè uguale di gradi vi differiscono le temperature estive e jemali; cose tutte che mirabilmente confermano le cose più sopra esposte.

In generale, nelle nostre latitudini, il massimo calore si verifica, in media intorno al 15 di luglio, quando il sole ha cominciato già da circa tre settimane a ritornare verso l'emisfero australe. Il minimo medio cade verso il 15 gennaio, quando le giornate sonosi già notevolmente allungate. — È facile rendersi ragione di questo fatto, quando si consideri che le variazioni della temperatura sul nostro globo non dipendono già soltanto dalla quantità assoluta di calore che il sole ci manda, ma sì bene invece dalla relativa quantità di questo calore che rimane sulla terra. In altri termini, la temperatura di estate cessa di salire, non già quando l'intensità dei raggi solari, divenuti più obliqui, comincia ad affievolirsi, ma bensì quando l'afflusso di calore cessa di oltrepassare la perdita che se ne fa. E, reciprocamente, la temperatura d'inverno cessa di discendere, non già quando la forza termica dei raggi solari comincia ad aumentarsi, ma bensì quando il calore che la terra perde cessa di oltrepassare quello che riceve. Al solstizio di estate, il guadagno supera la perdita, la temperatura salisce. Quando fra i due elementi del bilancio termico vi ha uguaglianza, si è al massimo del calore. Più tardi, la perdita eccede il guadagno, e la temperatura ribassa, finchè arrivi al suo minimo.

Una legge analoga e per le stesse ragioni domina le variazioni diurne della temperatura. In media, il minimo grado di calore giornaliero ha luogo circa una mezz'ora prima dell'alba, un poco più in inverno, un poco meno in estate, perchè in quel momento la perdita di calore che la superficie terrestre ha fatto durante la notte, è al suo colmo; il massimo, per converso, ha luogo verso due ore passato il mezzodì, un poco prima in inverno, un po' dopo in estate, perchè in quel punto è giunto al suo apogeo l'eccesso del guadagno del calore dato dal sole sulla deperdizione della terra per irradiazione nello spazio. Ciò apparisce dagli

esempi che abbiamo raccolti nella Fig. 25, ove si porge ancora che l'ora del massimo calore varia poco, mentre invece l'ora del minimo segue le ore del sorgere del sole. Si osservi altresì

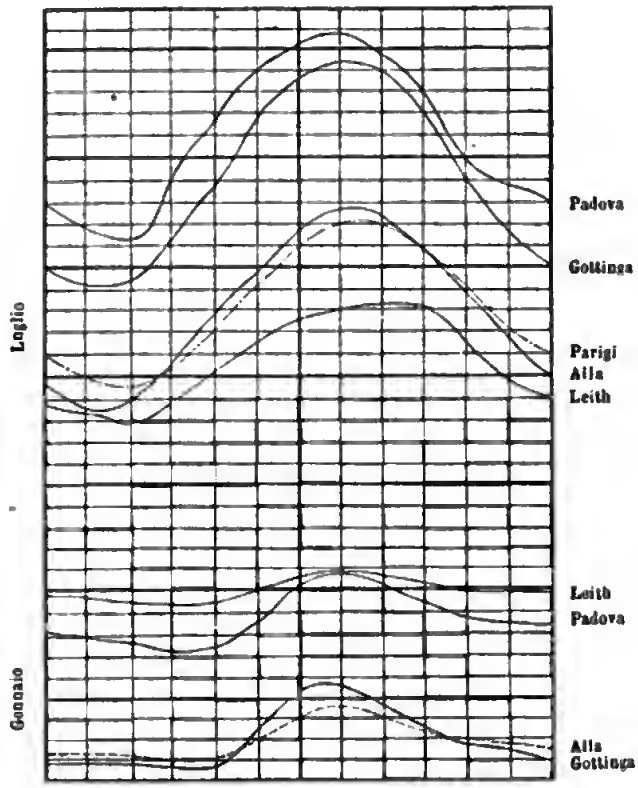


Fig. 25

Variazioni orarie della temperatura media in differenti punti d'Europa e nelle due stagioni estreme.

come l'amplitudine dell'oscillazione diurna sia più forte nei paesi caldi ed interterranei, che nei paesi freddi o nei marittimi.

Digitized by Google

VII.

A compiere questo riassunto della dottrina sulle variazioni della temperatura, mi rimangono ancora ad accennare quelle che dipendono dalle differenti altitudini.

Se il grado di calore diminuisce sulla terrestre superficie dall'equatore ai poli, ribassa ancora più rapidamente a misura che il suolo si aderge sul livello dei mari. Lo stesso effetto produce l'altezza nel seno dell'atmosfera.

Ciò dipende dacchè l'aria, più rarefatta, oppone una resistenza minore al passaggio ed alla diffusione dei raggi emananti dalla terra; e dacchè la terra medesima, meno efficacemente protetta contro il freddo degli spazi planetari, perde una proporzione maggiore del suo calore. Indi è che i perpetui ghiacci si incontrano persino sulle montagne della zona torrida; ma, nell'atto che in Norvegia, sotto la latitudine boreale di 71°, si trovano ad un'altezza di 720 metri al di sopra del livello dei mari, fa d'uopo, per incontrarli, salire, sulle Alpi, a 2700 metri, e nelle Ande, sotto l'equatore, a 4800 metri di altitudine.

L'invenzione degli areostati ha fornito un efficacissimo mezzo di osservazione sulla legge di decremento della temperatura nelle eccelse regioni atmosferiche. — Il fisico Charles, nella prima ascensione in pallone a idrogeno, nel 1785, provò una temperatura di 7° al di sotto dello zero. Gay-Lussac, salito il 16 settembre 1804, a 7000 metri, vi trovò un freddo di circa 10°, e calcolò che il ribasso è, in media di 1° per ogni 190 metri di elevazione. Ma, come osserva il suo collega Biot, questo decremento non era uniformemente ripartito nell'intervallo percorso; e mentre, nei primi strati traversati, non era stato che di 1° per 196 metri, nell'ultimo periodo dell'ascensione, una altezza di 156 metri bastava per determinare lo stesso ribasso. Più notevole è ancora il raffreddamento dell'aere che esperimentarono, nella celebre loro

ascensione del 26 luglio 1850, i Signori Barral e Bixio. All'altezza di circa 7000 metri, trovarono la temperatura inferiore a 39° al di sotto dello zero. Essi avevano traversato una nube dello spessore di 5000 metri, tutta formata di piccoli ghiaccinoli.

Il coefficiente di raffreddamento a seconda delle altitudini varia, del resto, col variare dei luoghi. Humboldt, nelle sue ascensioni montane nell'America Meridionale, trovò un abbassamento di 1° per ogni 191 metri; ma sugli altipiani riconobbe che questo ribasso non ha luogo che ad ogni 243 metri. Per ottenere uno stesso ribasso della colonna termometrica, fa d'uopo salire 177 metri nell'India meridionale, e 217 metri nella parte boreale dell'Indostan. In Europa, sono celebri le osservazioni fatte da De Saussure, il quale passò 17 giorni sul colle del Gigante, all'altezza di 3428 metri al di sopra del mare, mentre si osservava simultaneamente il termometro a Chamounix (1044.^{m}) ed a Ginevra (407.^{m}). Dalla lunga e diligente serie di esperienze così condotte, è risultato che l'altezza media corrispondente ad una differenza di un grado nelle temperature simultanee, era di 142 metri a 5 ore della sera e di 210 metri a 4 ore del mattino.

In estate, a ciel sereno, la temperatura diminuisce dapprima rapidamente, a misura che si sale, poscia il decremento si va gradatamente rallentando. Quando invece è nuvoloso il cielo, la temperatura ribassa fino alle nubi, poi, al di sopra di queste, si rialza di qualche grado, per ricominciare, sopra ancora, a discendere di nuovo. Queste leggi risultano dalle belle esperienze fatte dai Signori Welsh e Glaisher, nelle numerose ascensioni fatte a spese e per incarico della Società Reale di Londra.

Ma conviene osservare che a queste leggi medesime si trovano numerose eccezioni; che, del resto, la variazione della temperatura con l'altitudine non è giammai regolare; e che fino all'altezza di 5 o 6 chilometri s'incontrano strati d'aria relativamente caldi sovrapposti ad altri più freddi.

Il ribasso della temperatura in ragione diretta dell'altitudine produce varie importanti conseguenze. In primo luogo, esso modifica notevolmente le leggi della vegetazione: a misura che noi ascendiamo un'alta montagna, scorgiamo, scaglionate alle diverse altezze, le produzioni delle flore e, fino ad un certo segno, anche delle faune dei differenti paesi dotati di climi gradatamente più rigorosi. Io tratterò di proposito questo argomento in un'altra lezione del mio Corso *(V. Lez. XXIX^a)*. Mi basti per ora l'osservare che, nella massa alpina si sono potute ricisamente distinguere sei differenti regioni, caratterizzate appunto dalla natura dei vegetali in ciascuna di esse predominanti ed i cui limiti estremi sono segnali delle corrispondenti linee isotermiche e sovratutto delle isochimeniche. Le regioni sono le seguenti:

			Metri
1.ª	Regione	Submontana, o dei Noci	fino a 800
2.ª	»	Montana, o dei Faggi	da 800 a 1300
3.ª	»	Subalpina, o degli Abeti	da 1300 a 1700
4.ª	»	Alpina, o degli Arbusti	da 1700 a 2100
5.ª	»	Subnivale, o delle Graminacee . . .	da 2100 a 2700
6.ª	»	Nivale, o delle Nevi perpetue . . .	superiore a 2700

Ma queste cifre, che son vere per le Alpi, variano d'assai per altre contrade, a seconda che le influenze di altitudine si combinano con quelle di latitudine e con le altre già mentovate circostanze locali.

In virtù della medesima cagione, molto vario è il limite a cui giungono le *Nevi eterne* o *perpetue* nelle diverse contrade. È agevole il comprendere che il *limite delle perpetue nevi* debba, in ogni regione del globo, trovarsi ad una altezza assoluta tanto più grande, *quanto è più caldo il clima sul livello del mare;* o, in altri termini, che questo limite deve trovarsi sul lido marittimo stesso nelle regioni polari artiche ed antartiche, ove regna un freddo jemale continuo, mentre deve riscontrarsi soltanto a grande altezza nelle calde regioni equatoriali.

Digitized by Google

Ecco, a tale proposito, una serie di dati numerici comparativi più eloquente di qualsiasi lunga dissertazione:

	Latitudine	Limite delle nevi. Metri
Spitzberg	79.° N.	0.
Norvegia, Isola di Mageroe	71.° »	720
Norvegia interna	70.° a 60.° N.	1070 a 1560
Islanda	65.° N.	936
Uaalasckha (Siberia)	54.° »	1070
Altai	50.° »	2145
Alpi, versante settentrionale	45.° »	2700
» » meridionale	45.° »	2800
Caucaso	43.° »	3300
Pirenei	43.° »	2730
Ararat	40.° »	4320
Karakorun, versante boreale	36.° »	5670
» » australe	36.° »	5920
Kuenluen, versante boreale	36.° »	4600
» » australe	35.° »	4820
Imalaia, versante boreale	29.° »	5300
» » australe	28.° »	4940
Cordigliera Messicana	17.° »	4500
Etiopia	13.° »	4300
Ande di Quito	1.° S.	4820
» di Bolivia, versante orientale	16.° »	4850
» » » occidentale	16.° »	5640
» del Chilì	33.° »	4480
» della Patagonia	43.° »	1830
Stretto di Magellano	54.° »	1130

Questi dati però io fornisco unicamente a schiarimento della tesi che stiamo ora trattando, ma non siccome assolutamente esatti ed invariabili. Il fenomeno, infatti, della *linea delle perpetue nevi* non è punto così semplice come la geografia fisica per lo addietro supponeva. Esso è molto complesso invece, e dipende da una folla di elementi, che nel corso delle nostre lezioni andremo successivamente passando in rassegna. Vi influiscono, oltre alla temperatura, lo stato igrometrico dell'aria, le sue condizioni anemometriche

(o di ventilazione), la pressione barometrica, la forma del'e montagne, la loro altezza non solo assolnta, ma relativa alle pianure soggiacenti ecc. ecc. Egli è manifesto che dalle combinate influenze di tutti questi fattori debbono risultare grandi inflessioni e deflessioni in quella linea medesima. Sulle svelte cime delle Alpi Svizzere, le nevi cominciano a 2700.^{m}, e pochi rari licheni vi colorano a stento le nere rupi, che emergono dal funebre e livido lenzuolo di ghiaccio; mentre sul Chimborazo, in America, Boussingault ha ancora raccolto rigogliose sassifraghe a 4800 metri di altitudine, limite colà delle nevi perpetue. Sui fianchi della orientale Cordigliera dell'Alto-Perù, Pentland vide il limite inferiore delle nevi *permanenti* (è questo il nome che alcuni odierni scienziati sostituiscono a quello di *eterne*) scendere raramente al dissotto di 5200 metri; nell'atto che nelle Ande di Quito (le quali pur nondimeno sono più prossime all'Equatore) questo limite si abbassa fino a 4800 motri. Maggiori spiegazioni, del resto, io darò su questo interessanto argomento nella mia XVIII.ª Lezione, nella qnalo tratterò appnnto e di proposito delle Nevi e dei Ghiacciai.

VIII.

Innanzi di chiudere la presente lezione e, per far viemmeglio comprendere il complicato meccanismo della distribnzione del calore sulla superficie del globo, stimo opportuno addurre qui due diverse sorta di documenti illustrativi delle leggi generali, che abbiamo successivamente formolate, e concludere poi il mio ragionamento con alcune considerazioni intorno alla influenza che il clima esercita sull'uomo.

Il primo dei documenti ai quali io alludeva or ora, è una tavola sinottica costrutta da Gnglielmo Malhmann. Essa è il più esteso e il più completo catalogo, che possegga sinora questo ramo della scienza, comprendendo l'indicazione di oltre a 300 luoghi

della terra, dei quali quel dotto ha determinato le medie temperature, con tutta l' esattezza che è permesso desiderare nello stato attuale delle nostre cognizioni. L' influenza della latitudine, della longitudine e dell' altezza sul livello del mare, vi si trova espressa con tutta la possibile diligenza; ed utilissimo può riuscire allo studioso il confronto fra queste indicazioni numeriche e le indicazioni grafiche da noi esposte nelle tre nostre tavole delle linee isotermiche, isoteriche ed isochimeniche. Avvertirò che, sotto la denominazione di *Inverno,* sono compresi in questa tabella i mesi di dicembre, gennaio e febbraio; quelli di marzo, aprile e maggio, sotto l' appellazione di *Primavera;* per l' *Estate,* si son presi giugno, luglio e agosto; settembre, ottobre e novembre per l' *Autunno.*

L' altro documento cui io alludeva poc' anzi, consiste in alcune speciali notizie sulle temperature della nostra Liguria. Prima di tutto, io penso, col venerando Quetelet, che tra i doveri dello scienziato sia da comprendersi quello di considerare con un' attenzione affatto peculiare i fenomeni del luogo ov' egli vive e nel quale le sue osservazioni hanno naturalmente campo ad acquistare un maggior grado di esattezza e di perfezione; ed i miei Uditori potranno, io lo spero, riconoscere che, in tutto il corso di queste Lezioni, io ho procurato di non obliare giammai questo dovere. Osserverò, in secondo luogo, che per la posizione che la città, ov' io nacqui e dove studiai, occupa nel bacino del Mediterraneo, dev' essere considerata siccome uno dei punti più singolari e più degni dell' attenzione del meteorologo e del fisico nelle regioni temperate, non che dell' Europa, del globo intero. E siccome i fenomeni che la ligure termometria ci presenterà, sono veramente e sopramodo acconci a servire di conferma e di illustrazione alle generali teorie che io sono venuto svolgendo, mi parve questa una ragione di più per non doverli passare sotto silenzio.

Ecco ora la tavola di Malhmann.

Digitized by Google

LUOGHI	Latitudine	Longitudine da Parigi	Altezza sul Mare	Temperatura media				
				Anno	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Isole Melville	74 47 N	113 08 O	...	— 18,7	— 33,5	— 19,5	2, 6	— 16,0
Isola Inglooliik	69 12 »	83 23 »	...	— 16,5	— 29,7	— 16,8	1, 7	— 14,0
Ustiansk (Siberia)	70 55 »	136 04 E	...	— 16,6	— 38,4	— 14,7	9, 2	— 23,9
Porto Bowen	73 14 »	21 15 O	...	— 15,8	— 34.7	— 21,0	2, 7	— 11,9
Boothia Felix	70 02 »	24 10 »	...	— 15,7	— 33, 2	— 20,7	3, 4	— 12,4
Isole Winter	66 11 »	85 31 »	...	— 14,0	— 29. 1	— 14,2	1, 7	— 8, 0
Forte Entreprise	64 28 »	116 26 »	253	. . . .	— 30, 2	— 13, 2	. . .	— 7, 2
Jakoutsk	62 01 »	126 53 E	117	— 9,7	— 38, 2	— 6, 3	17, 2	— 5, 6
Nuova Zembla	73 00 »	54 30 »	...	— 8, 4	— 19,0	— 11,8	3, 6	— 6, 3
Forte Franklin	65 12 »	125 33 O	68	— 8, 2	— 27, 2	— 10,0	10, 2	— 6, 0
Forte Reliance	62 46 »	109 01 »	107	. . . .	— 29, 1	— 10,7	. . .	. . . .
Spitzberg	80 00 »	14 00 »	...	. . . .	. . . .	. . . .	3, 4	. . . .
Mare di Groënlandia	78 00 »	67 00 »	...	— 7,7	. . . .	— 9,4	1, 4	. . . .
Nain (Labrador)	67 10 »	64 10 »	...	— 3, 6	— 16,5	— 5,6	7, 6	2, 2
Forte Simpson	62 11 »	123 52 »	78	— 3, 5	— 23,5	— 2,8	15, 1	— 2,5
Enontekis (Lapponia)	68 40 »	20 00 E	435	— 2, 7	— 17,0	— 3,9	12, 6	— 2,7
San Bernardo (Ospizio)	45 50 »	4 45 »	2494	— 1,0	— 7,6	— 2,0	6, 1	— 0,4
San Gotardo	46 33 »	6 14 »	2095	— 0, 8	— 7,6	— 2,7	6, 7	0,0
Slatoust (Ural)	55 08 »	57 08 »	322	— 0,7	— 16,6	0,8	15, 2	0,2
Hampakila (Svezia)	66 27 »	21 27 »	...	— 0,5	— 14,2	— 2,3	14, 4	0,1
Irkoutsk (Siberia)	52 16 »	101 58 »	409	0,2	— 17,6	4,5	15, 9	— 2,2
Eyafordur	65 40 »	22 00 O	...	0,0	— 6.2	— 2,2	7, 7	1,4
Capo Nord (Norvegia)	71 10 »	23 30 E	...	0, 1	— 4.6	— 1,3	6, 4	— 0,1
Schameekopp (Slesia)	50 44 »	30 00 »	1600	0. 2	. . . .	. . . .	6, 1	. . . .
Uleaborg	65 03 »	23 06 »	...	0, 7	— 11, 1	2,7	14, 3	— 2,2
Nijné Taguilsk (Ural)	57 64 »	0 00 »	234	1, 1	— 15,5	5,4	19, 8	5,4
Uméa	63 50 »	17 56 »	...	2, 1	— 10, 2	0,6	14, 1	3,1
Kasan	55 48 »	46 47 »	56	2, 2	— 11,3	2,6	17, 0	2,8
Hernösand	62 36 »	15 33 »	...	2,3	— 6,1	0,2	13, 4	3,6
Pietroborgo	59 56 »	27 59 »	...	3, 6	— 8,4	1,7	15, 7	4,7
San Giovanni (Terra Nuova)	47 34 »	64 58 O	43	3, 5	— 4,9	0, 2	12, 2	6,5
Mosca	55 45 »	35 18 E	146	3,6	— 10,3	6, 3	16, 6	4,6
Reikiavig (Islanda)	64 08 »	24 16 O	...	4,0	— 1,6	2,4	12, 0	3,3
Helsingfors	60 10 »	0 00 »	...	4,0	— 6,1	1,4	15, 2	5,7
Iluluk (America russa)	53 52 »	108 45 »	...	4,1	0,1	2,0	10, 6	3,7
Falun (Svezia)	60 39 »	13 25 E	121	4,4	— 5,5	3,2	14, 6	5,3
Abo	60 27 »	12 57 »	...	4,5	— 6,4	2,6	15, 7	5,4
Tambow (Russia)	52 47 »	39 08 »	62	5,1	— 8,7	. . . .	16, 4	. . . .
Porto Famine	53 38 S	71 14 O	...	. . . .	1,1	. . . .	. . .	5,7
Upsala	59 52 N	15 18 E	...	5,2	— 3,7	3,4	15, 1	6,2
Sönedmör (Norvegia)	62 30 »	4 00 »	...	5,3	— 2,7	4,0	13, 3	6,5
Christiania	59 54 »	8 25 »	...	5,4	— 3,8	4,0	15, 3	5,8
Eastport (Stati Uniti)	44 54 »	69 16 O	...	5,4	5,4	3,6	16, 1	7,6
Stockolma	59 21 »	15 43 E	41	6,6	— 3,6	3,5	16, 1	0,5

LUOGHI	LATITUDINE	LONGITUDINE DA PARIGI	ALTEZZA SUL MARE	TEMPERATURA MEDIA				
				ANNO	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
Pompey (Stati Uniti)	43 56 N	78 25 O	390	8, 1	— 8, 3	8, 3	17, 7	8, 8
Konisberga	54 43 »	18 10 E	...	8, 9	— 3, 3	5, 3	15, 9	6, 7
Tepl (Convento)	49 58 »	10 33 »	643	6, 9	— 9, 2	6, 3	14, 7	8, 8
Alto-Payssemberg	47 48 »	8 44 »	975	8, 9	— 1, 8	5, 4	14, 4	6, 8
San Lorenzo (Stati Uniti)	44 40 »	77 20 O	191	6, 2	— 6, 8	5, 3	18, 3	7, 4
Halifax (Nuova Scozia)	44 39 »	65 57 »	...	6, 9	— 4, 4	2, 9	17, 9	8, 0
Carlstadt (Svezia)	59 23 »	11 10 E	53	8, 3	— 2, 7	4, 7	16, 9	6, 8
Vilna	54 41 »	22 58 »	117	6, 3	— 4, 6	3, 7	17, 6	8, 3
Montreal (Canadà)	45 31 »	75 55 O	...	8, 5	— 8, 1	6, 8	20, 8	8, 4
Lead Hills (Scozia)	55 25 »	6 08 »	390	6, 8	0, 2	8, 4	13, 1	8, 8
Hof (Franconia)	50 19 »	9 35 E	487	6, 8	— 1, 6	5, 8	15, 3	6, 2
Tegerusée (Baviera)	47 49 »	9 15 »	735	6, 8	— 1, 9	3, 7	15, 3	7, 3
Forte Snelling (Mississipì)	44 53 »	95 28 O	248	6, 8	— 9, 8	8, 9	91, 3	7, 9
Forte Howard (Michigan)	44 50 »	89 22 »	185	8, 8	— 7, 3	5, 8	20, 3	8, 9
Tilsit (Prussia)	55 04 »	19 33 E	...	8, 7	— 3, 8	3, 9	18, 7	7, 3
Hohenelbe (Boemia)	50 38 »	13 14 »	458	6, 7	— 9, 8	6, 8	15, 8	7, 9
Hohenfurth (Austria)	48 37 »	13 00 »	555	6, 7	— 3, 3	7, 2	16, 4	8, 2
Genkingen (Svavia)	48 25 »	8 51 »	780	6, 8	— 1, 8	8, 8	14, 8	7, 1
Nuova Archangelsk	57 03 »	137 38 O	...	6, 8	0, 7	3, 9	12, 7	8, 4
Wexiö (Svezia)	56 53 »	12 25 E	146	6, 9	— 9, 3	5, 8	17, 7	7, 1
Drausberg (Prussia)	54 49 »	17 34 »	...	6, 9	— 3, 8	8, 0	15, 3	7, 4
Douvre (Stati Uniti)	43 13 »	73 14 O	...	8, 9	— 8, 0	3, 7	19, 0	8, 8
Concordia (Stati Uniti)	43 12 »	73 49 »	...	8, 9	— 3, 2	6, 7	18, 8	7, 8
Fayetteville (Stati Uniti)	49 58 »	78 02 »	...	7, 0	— 3, 6	6, 0	19, 0	7, 9
Ullensvang (Norvegia)	60 40 »	4 20 E	...	7, 9	— 0, 1	8, 0	13, 8	7, 4
Lund (Svezia)	55 42 »	10 51 »	..	7, 9	— 1, 4	5, 4	16, 7	8, 3
Freyberg (Sassonia)	50 55 »	11 00 »	403	7, 9	— 1, 7	7, 2	15, 2	7, 3
Alford (Scozia)	57 13 »	3 02 O	127	7, 3	1, 9	6, 0	13, 7	7, 4
Gotha	50 57 »	8 23 E	308	7, 3	— 1, 3	7, 3	15, 8	7, 8
Tabor (Boemia)	49 94 »	19 19 »	429	7, 3	— 9, 7	7, 3	18, 9	7, 7
Dunfermline (Scozia)	56 08 »	3 46 O	...	7, 4	2, 6	6, 1	12, 9	7, 8
Applegarth-Manse (Scozia)	55 13 »	3 32 »	55	7, 4	2, 4	5, 9	13, 4	8, 0
Utica (Stati Uniti)	43 07 »	77 33 »	146	7, 4	— 4, 0	8, 7	19, 0	8, 4
Thorshava (Norvegia)	62 02 »	9 6 »	...	7, 3	4, 3	5, 6	12, 9	8, 2
Varsavia	52 13 »	16 42 E	121	7, 3	— 9, 3	7, 0	17, 3	8, 0
Danzica	54 21 »	18 16 »	...	7, 8	— 1, 9	6, 7	16, 4	8, 4
Zittau	50 54 »	12 28 »	247	7, 6	— 1, 7	7, 5	16, 6	8, 3
Bayrèuth	49 57 »	9 18 »	344	7, 6	— 1, 3	7, 9	15, 9	8, 0
Wartemberg (Polonia)	51 19 »	18 21 »	148	7, 8	— 2, 0	7, 9	17, 1	8, 4
Kalce (Polonia)	50 52 »	18 18 »	273	7, 8	— 1, 7	7, 8	16, 0	8, 8
Coburgo	50 16 »	8 39 »	220	7, 8	— 0, 3	7, 9	17, 1	8, 2
Kremsmunster (Austria)	43 03 »	11 48 »	360	7, 8	— 1, 2	8, 0	17, 1	8, 2
Berna	46 57 »	3 06 »	385	7, 8	0, 9	7, 7	15, 3	8, 8
Gothemburgo	57 41 »	9 36 »	...	7, 9	— 0, 8	6, 5	16, 9	8, 7

LUOGHI	Latitudine	Longitudine da Parigi	Altezza sul Mare	Temperatura media: Anno	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Augusta	48 22 N	8 34 E	493	7, 2	— 1, 7	8, 3	18, 6	8, 9
Stromnes (Orcadi)	58 57 »	2 49 O	...	8, 0	4, 0	6, 2	12, 8	9, 0
Praestoe (Danimarca)	55 07 »	2 43 E	...	8, 0	— 0, 3	6, 2	16, 2	2, 4
Cracovia	50 04 »	17 37 »	201	8, 0	— 3, 3	6, 9	12, 1	8, 0
Landskron (Boemia)	42 55 »	14 17 »	331	8, 0	— 9, 3	8, 3	17, 7	8, 1
Kinfanus-Castle (Scozia)	56 24 »	5 39 O	45	8, 1	3, 3	7, 4	14, 1	8, 7
Breslavia	51 06 »	14 42 E	140	8, 1	— 5, 0	7, 2	17, 3	8, 1
Cinnie-Manse (Scozia)	57 12 »	4 55 O	58	8, 2	— 3, 9	7, 9	14, 8	7, 2
Copenaga	55 41 »	10 14 E	...	8, 2	— 0, 4	8, 5	17, 2	2, 3
Stralsunda	54 19 »	10 45 »	...	8, 2	— 0, 2	7, 0	16, 5	9, 3
Medfield (Stati Uniti)	42 12 »	73 20 O	...	8, 3	— 3, 0	8, 8	12, 2	2, 4
Apenrade (Germania)	55 03 »	7 05 E	...	8, 3	0, 2	6, 9	12, 2	9, 0
Kendal (Inghilterra)	54 17 »	3 06 O	43	8, 3	9, 9	7, 2	14, 2	8, 2
Alderley-Rectory (Inghilterra)	53 20 »	4 40 »	...	8, 3	2, 7	7, 8	14, 0	8, 9
Arnstadt (Germania)	50 50 »	2 37 E	292	8, 3	— 1, 3	8, 2	17, 9	8, 2
Fulda	50 34 »	7 24 »	273	8, 3	— 2, 6	8, 1	18, 7	8, 9
Carlisle	54 54 »	2 17 O	...	8, 4	3, 0	7, 2	14, 2	8, 7
Giengen	48 37 »	7 55 E	481	8, 4	0, 0	8, 2	17, 0	8, 0
Swinemünde	53 51 »	14 57 »	...	8, 5	— 0, 7	7, 4	17, 4	2, 3
Dresda	51 03 »	11 24 »	121	8, 5	— 0, 4	8, 4	17, 2	8, 4
Jena	50 56 »	9 17 »	162	8, 3	— 0, 7	2, 2	18, 3	9, 1
San Gallo	47 26 »	7 02 »	...	(8, 5)	0, 0	7, 7	(17, 2)	8, 2
Edimborgo	55 57 »	3 32 O	88	8, 6	3, 2	7, 8	14, 4	8, 9
Cuxhaven	53 53 »	8 24 E	...	8, 6	0, 3	7, 5	17, 2	2, 2
Amborgo	53 33 »	7 38 »	...	8, 8	0, 3	8, 0	17, 0	8, 8
Berlino	52 31 »	11 03 »	32	8, 2	— 0, 2	8, 0	17, 3	8, 8
Ratisbona	49 01 »	9 46 »	335	8, 6	— 1, 4	9, 4	17, 9	8, 7
Tubinga	48 31 »	2 43 »	331	8, 2	— 0, 2	8, 6	17, 1	8, 2
Nuova-Malton (Inghilterra)	54 08 »	3 07 O	...	8, 7	2, 2	....	15, 1	....
Manchester	53 29 »	4 35 »	47	8, 7	2, 8	7, 2	14, 2	2, 2
Andover (Stati Uniti)	42 38 »	73 27 »	58	8, 7	— 2, 2	7, 2	20, 8	2, 2
Sagan (Slesia)	51 32 »	12 59 E	123	8, 8	— 2, 2	7, 0	18, 2	2, 2
Alla	51 31 »	2 27 »	111	8, 8	0, 0	2, 2	17, 5	9, 1
Saaz (Boemia)	50 20 »	11 13 »	257	8, 2	— 1, 4	9, 1	18, 3	2, 1
Andechs (Germania)	47 58 »	8 52 »	702	8, 8	— 1, 2	8, 8	18, 6	9, 1
Brema	53 05 »	60 27 »	...	8, 2	— 0, 2	8, 3	17, 2	9, 6
Monaco	48 09 »	2 14 »	536	8, 2	— 0, 4	2, 0	17, 4	2, 1
Salem (Stati Uniti)	42 31 »	73 14 O	...	8, 2	— 2, 6	7, 2	20, 8	10, 5
Cambridge (Stati Uniti)	42 22 »	73 28 »	...	8, 9	— 9, 8	7, 4	20, 7	10, 1
Erfurt	50 59 »	8 42 E	209	2, 0	0, 2	8, 3	17, 3	2, 3
Innsbruck	47 16 »	2 03 »	590	2, 0	— 1, 2	10, 0	18, 3	9, 2
Gottinga	21 32 »	7 36 »	432	9, 1	0, 2	....	17, 8	....
Wangen (Germania)	48 46 »	6 55 »	277	9, 1	0, 4	9, 3	17, 2	2, 4
Rochester (Stati Uniti)	43 08 »	80 11 O	156	2, 1	— 2, 8	8, 8	20, 3	10, 2

LUOGHI	Latitudine	Longitudine da Parigi	Altezza sul Mare	Temperatura media: Anno	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Albany (Stati Uniti)	42 39 N	76 05 O	39	8, 2	— 3, 0	8, 7	20, 9	9, 7
Salzuffen (Germania)	62 9 »	9 25 E	97	9, 3	1, 5	8, 8	17, 3	9, 6
Elberfeld	91 16 »	4 42 »	131	9, 3	2, 2	8, 9	16, 37	8, 7
Nicolaief (Crimea)	46 58 »	29 39 »	...	9, 3	— 3, 4	8, 6	21, 8	10, 0
Boston	42 21 »	73 24 O	...	9, 3	— 1, 6	7, 7	20, 8	10, 4
Dublino	53 23 »	8 41 »	...	9, 6	4, 9	8, 4	15, 3	8, 9
Monster	91 58 »	3 81 E	61	9, 9	2, 2	8, 7	16, 8	10, 1
Praga	50 5 »	12 06 »	191	9, 6	— 0, 4	9, 6	16, 9	8, 6
Losanna	49 34 »	4 18 »	507	9, 6	0, 6	9, 2	18, 4	2, 9
Zwanenburg (Olanda)	93 15 »	2 00 »	...	9, 6	2, 6	8, 4	16, 9	10, 8
Bushey-Heath (Inghilterra)	91 38 »	00 00 »	160	9, 6	3, 1	8, 7	19, 9	10, 2
Tottenham green. pr.	51 31 »	2 26 O	...	9, 6	3, 1	8, 0	19, 4	10, 0
Stoccarda	48 46 »	6 51 E	248	9, 6	0, 6	10, 0	17, 8	9, 7.
Nuova Bedford (Stati Uniti)	41 38 »	73 19 O	...	8, 9	— 0, 6	7, 7	20, 1	11, 5
Leida	92 10 »	8 09 E	...	9, 7	2, 4	9, 4	17, 2	10, 9
Cheltenham (Inghilterra)	51 55 »	4 24 O	...	8, 7	3, 9	9, 2	15, 8	10, 1
Ginevra	46 12 »	3 49 E	396	9, 7	1, 8	8, 8	17, 9	10, 2
San Giovanni di Moriana	45 18 »	4 04 »	546	9, 7	0, 2	10, 0	18, 7	9, 6
Sinferopoli (Crimea)	45 00 »	31 50 »	259	9, 7	0, 6	10, 9	19, 9	9, 0
Council Bafils (Stati Uniti)	41 25 »	98 03 O	244	9, 7	— 5, 2	10, 6	23, 8	10, 3
Francoforte sul Meno	50 07 »	6 21 E	117	9, 8	1, 2	9, 8	16, 3	10, 0
Strasborgo	48 39 »	9 25 »	146	8, 9	1, 1	10, 0	18, 1	10, 0
Basilea	47 34 »	8 15 »	253	9, 9	0, 4	9, 9	16, 4	9, 7
Haarlem	52 23 »	2 18 »	...	10, 0	2, 8	9, 2	17, 0	11, 0
Treveri	49 46 »	4 18 »	156	10, 0	1, 9	10, 0	17, 8	10, 1
Maëstricht	50 51 »	3 21 »	48	10, 1	1, 9	10, 0	19, 0	11, 1
Wurtgborgo	49 48 »	7 36 »	172	10, 1	1, 6	10, 2	18, 7	9, 7
Vienna	48 13 »	14 03 »	156	10, 1	0, 2	10, 9	20, 3	10, 3
Forte Giorgio (America)	49 18 »	125 20 O	...	10, 1	3, 8	2, 0	16, 6	12, 0
Forte Wolcott (Stati Uniti)	41 29 »	73 40 »	...	10, 1	— 0, 1	8, 4	20, 9	12, 8
Brasselle	50 51 »	2 02 E	58	10, 2	2, 5	10, 1	18, 2	10, 2
Carlsrahe	49 01 »	6 05 »	113	10, 2	1, 1	10, 4	18, 8	10, 2
Manahoim	42 29 »	6 08 »	92	10, 3	1, 5	10, 4	19, 8	9, 9
Bada	47 30 »	19 43 »	156	10, 3	— 0, 9	10, 4	21, 1	10, 6
Londra	51 31 »	2 26 O	...	10, 4	4, 2	8, 9	17, 1	10, 7
Lyme-Regis	50 43 »	5 16 »	...	10, 4	5, 9	9, 2	15, 2	11, 8
Erasmas-Half (Stati Uniti)	40 37 »	79 16 »	...	10, 7	0, 4	9, 3	21, 3	11, 8
Parigi	48 50 »	0 2 »	64	10, 8	3, 3	10, 3	16, 1	11, 2
Montmorency	49 00 »	0 03 »	140	10, 9	3, 6	10, 9	19, 7	11, 4
Gosport (Inghilterra)	50 48 »	3 26 »	...	11, 0	9, 0	10, 1	17, 1	11, 2
Plymouth	50 22 »	9 26 »	...	11, 1	6, 9	10, 1	16, 0	11, 7
Penzance	50 07 »	7 51 »	...	11, 1	6, 6	9, 8	16, 9	12, 1
Forte Columbus (Stati Uniti)	40 42 »	79 29 »	...	11, 2	— 0, 1	8, 8	22, 6	12, 6
Hobarttown (T. del Duiemen)	42 15 S	145 15 E	...	11, 3	5, 6	11, 9	13, 3	10, 2

LUOGHI	LATITUDINE	LONGITUDINE DA PARIGI	ALTEZZA SUL MARE	TEMPERATURA MEDIA				
				ANNO	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
Germantown (Stati Uniti) . .	40 03 N	77 37 O	62	11, 3	0, 0	10, 3	22, 8	12, 1
Forte Vanconver (America). .	45 38 »	122 34 »	...	11, 2	4, 2	11, 0	18, 2	12, 9
Sebastopoli	44 36 »	31 12 E	49	11, 2	1, 2	10, 2	21, 7	12, 2
La Rochelle	46 09 »	3 28 O	...	11, 2	4, 2	10, 6	19, 4	11, 2
Marietta (Stati Uniti). . . .	39 25 »	83 50 »	1957	11, 2	0, 8	12, 3	21, 2	11, 6
Baltimora	39 17 »	78 58 »	...	11, 2	0, 4	10, 4	23, 1	12, 2
Torino	45 04 »	2 22 E	279	11, 7	0, 2	11, 7	22, 0	12, 1
Darjiling (India).	27 00 »	86 04 »	2126	12, 0	3, 4	12, 2	16, 3	13, 3
Middletown (Stati Uniti). . .	40 21 »	76 33 O	...	12, 1	2, 2	11, 3	21, 1	13, 6
Cincinnati	39 06 »	86 47 »	182	12, 2	0, 2	12, 4	22, 8	12, 2
Padova	45 24 »	9 32 E	...	12, 2	2, 2	12, 1	21, 9	13, 0
Pavia	45 11 »	2 49 »	88	12, 7	2, 2	12, 6	22, 2	13, 2
Pechino	39 54 »	114 09 »	97	13, 77	— 3, 27	13, 5	28, 17	12, 4
Washington	38 53 »	79 22 O	...	12, 7	2, 3	10, 2	21, 7	13, 2
Milano	45 28 »	6 21 E	146	12, 8	2, 1	13, 0	22, 7	13, 2
Tolosa	43 36 »	0 54 O	152	12, 9	2, 2	11, 2	12, 9	13, 2
San Luigi (Missuri)	38 38 »	91 56 »	170	13, 0	0, 7	12, 9	24, 1	14, 4
Trieste	45 39 »	11 26 E	88	13. 2	4, 1	12, 1	21, 9	13, 7
Siena	43 03 »	9 00 »	323	13, 4	2, 2	12, 4	21, 7	14, 0
Brescia	45 33 »	7 54 »	152	13, 8	3, 7	13, 9	22, 4	14, 0
Venezia	45 28 »	10 00 »	...	13, 7	3, 3	12, 8	22, 8	13, 3
Costantinopoli.	41 00 »	26 39 »	...	13, 7	4, 2	11, 0	23, 0	18, 2
Bordeaux	44 50 »	2 35 O	...	13, 9	2, 1	13, 4	21, 7	14, 4
Mafra	38 56 »	11 41 »	228	13, 9	9, 8	12, 7	18, 2	15, 1
Otacamound (India)	11 55 »	74 30 E	2241	13, 2	11, 4	12, 3	14, 1	13, 2
Mussouri (India)	30 27 »	75 42 »	1910	14, 0	2, 5	12, 9	19, 2	14, 2
Montpellier	43 36 »	1 32 »	...	14, 1	2, 2	13, 8	24, 4	16, 1
Marsiglia	43 18 »	3 02 »	45	14, 1	2, 2	12, 2	21, 4	14, 7
Bologna	44 30 »	2 01 »	22	14, 2	2, 2	14, 2	25, 2	14, 3
Camajore (Lucca)	43 55 »	2 00 »	...	14, 2	6, 7	13, 2	21, 9	14, 2
Madrid	40 25 »	6 2 »	663	14, 2	2, 6	14, 2	23, 4	13, 7
Avignone	43 27 »	2 28 »	...	14, 4	5, 8	13, 2	23, 1	14, 8
Cascino (Toscana)	43 40 »	2 10 »	...	14, 8	2, 2	13, 7	22, 2	15, 1
Lucca	43 51 »	6 10 »	...	14, 2	4, 2	12, 1	23, 2	15, 3
Santa Fe de Bogota	4 36 »	72 34 O	2631	15, 0	13, 1	15, 3	15, 3	14, 2
Tolone	43 07 »	3 32 E	...	12, 1	2, 2	13, 3	22, 3	12, 3
Lohongnat (India)	29 23 »	79 56 »	1696	15, 2	7, 2	12, 4	21, 7	12, 3
Firenze	43 47 »	2 55 »	64	15, 3	6, 8	14, 7	24, 0	15, 7
Roma	41 54 »	10 08 »	53	15, 4	5, 1	14, 1	22, 2	16, 6
Perpignano	42 42 »	0 34 »	53	12, 2	7, 2	14, 4	23, 9	16, 2
Nizza.	43 42 »	4 37 »	...	15, 2	9, 3	13, 3	22, 2	17, 2
Quito	0 14 S	21 05 O	2914	15, 2	13, 4	15, 7	12, 2	17, 5
Capo di Monte (presso Napoli)	40 52 N	11 55 E	150	15, 7	8, 7	14, 3	23, 2	18, 2
Chapel-Hill (Stati Uniti). . .	35 54 »	81 19 O	...	15, 7	2, 4	15, 4	25, 2	16, 7

LUOGHI	Latitudine	Longitudine da Parigi	Altezza sul Mare	Temperatura media				
				Anno	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Cagliari	39 13 N	4 06 E	101	16, 3	18, 2	14, 0	22, 4	18, 3
Napoli	40 51 »	11 55 »	53	16, 4	9, 9	18, 2	23, 2	16, 8
Lisbona	38 42 »	11 29 O	72	16, 4	14, 3	15, 5	21, 7	17, 8
Messico	19 26 »	101 26 »	2271	16, 6	13, 8	18, 1	19, 1	16, 2
Buènos-Ayres	34 37 »	60 44 »	...	16, 9	11, 4	15, 2	22, 8	18, 1
Barcellona	41 22 »	0 09 »	...	17, 8	10, 8	18, 8	24, 9	17, 9
Lagona (Teneriffa)	28 30 »	18 39 »	546	17, 1	13, 6	15, 4	20, 2	18, 9
Palermo	39 07 »	11 01 E	55	17, 2	11, 4	15, 8	23, 3	19, 8
Costantina	36 20 »	4 14 »	...	17, 2	10, 2	12, 3	26, 6	19, 7
Kathmandu (India)	27 42 »	85 20 »	1413	17, 3	8, 4	18, 4	24, 3	18, 2
Abbeville (Carolina)	34 10 »	94 46 O	...	17, 9	9, 3	18, 7	29, 7	16, 3
Algeri	36 47 »	8 43 »	...	17, 9	12, 4	17, 2	23, 2	21, 4
Gibilterra	36 07 »	7 41 »	...	17, 9	13, 9	17, 3	22, 7	17, 2
Nicolosi (Sicilia)	37 35 »	12 46 E	706	18, 0	10, 7	16, 9	25, 9	19, 7
Canea (Candia)	35 29 »	21 40 »	...	19, 8	12, 4	15, 6	25, 2	19, 9
Paramatta (Nuova Olanda)	33 50 S	148 58 »	...	19, 1	12, 8	19, 2	23, 3	18, 2
Savannah (Stati Uniti)	32 05 N	83 27 O	...	18, 1	18, 9	18, 0	25, 1	18, 3
Smirne	38 26 »	24 48 E	...	19, 2	11, 1	14, 6	26, 0	21, 1
Nangasaki (Giappone)	32 45 »	127 32 »	...	19, 3	9, 4	15, 5	27, 7	21, 2
Natchez (Stati Uniti)	31 34 »	93 45 O	58	19, 3	18, 0	19, 1	25, 4	18, 2
Funchal (Madera)	32 38 »	19 15 »	...	19, 7	16, 3	17, 9	21, 1	19, 8
Messina	39 11 »	13 14 E	...	18, 2	12, 8	16, 4	25, 1	20, 7
Città del Capo	33 55 »	16, 08 »	...	19, 1	14, 8	19, 6	23, 4	19, 4
Montevideo	34 54 S	58 33 O	...	19, 3	11, 1	18, 1	23, 2	20, 0
Smithvilla (Stati Uniti)	34 00 N	80 25 »	...	19, 3	11, 4	18, 2	26, 7	20, 1
Nuova Orleans	29 58 »	92 37 »	...	19, 4	11, 8	18, 2	26, 5	20, 4
Catania	37 30 »	12,40 E	...	19, 6	12, 6	17, 2	26, 2	21, 4
San Giorgio (Bermude)	32 28 »	67 18 O	...	19, 7	18, 1	17, 2	24, 0	22, 2
Bâton Rooge (Stati Uniti)	30 20 »	93 25 »	...	19, 7	11, 7	20, 2	27, 8	19, 9
Jesup presso Natchitoches	31 30 »	96 09 »	53	20, 2	11, 9	20, 7	28, 3	19, 2
Tunisi	36 48 »	7 81 E	...	20, 3	13, 2	18, 3	28, 3	21, 9
Cliach Cant	38 24 »	89 35 O	...	20, 4	12, 0	21, 1	28, 8	20, 7
Forta San Filippo (Luisiana)	29 29 »	91 41 »	...	20, 9	12, 4	21, 4	28, 3	22, 2
Fernandina (Florida)	30 35 »	84 55 »	...	21, 1	15, 7	21, 1	26, 1	21, 7
Cantona	23 08 »	110 56 E	...	21, 8	12, 7	21, 8	27, 9	22, 7
Las Palmas (Canarie)	28 00 »	17 51 O	...	21, 2	19, 8	19, 4	23, 9	20, 2
Santa Croce di Teneriffe	28 28 »	18 36 »	...	21, 9	19, 1	21, 3	24, 9	23, 4
Forte King (Florida)	29 03 »	84 30 »	...	22, 0	16, 9	21, 4	28, 1	21, 7
Caracas (Venezuela)	10 31 »	69 35 »	887	22, 8	20, 9	21, 8	23, 4	22, 2
Santa Augustina (Florida)	29 48 »	83 55 »	...	22, 3	19, 3	21, 9	28, 2	21, 0
Il Cairo	30 02 »	28 55 E	...	22, 4	14, 7	22, 8	29, 2	23, 2
Scharampur (India)	29 57 »	78 23 »	308	22, 4	12, 2	24, 6	30, 0	22, 4
Cant Brooke (Florida)	27 57 »	84 55 O	...	22, 4	16, 2	22, 7	26, 7	21, 0
Macao	22 11 »	111 14 E	...	22, 5	16, 4	21, 1	28, 3	21, 1

LUOGHI	LATITUDINE	LONGITUDINE DA PARIGI	ALTEZZA SUL MARE	TEMPERATURA MEDIA				
				ANNO	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
Kandij (Ceilan)	7 18 N	78 30 E	513	22, 7	22, 3	23, 5	22, 5	22, 4
Ambala (India)	30 25 »	74 25 »	331	22, 8	13, 2	25, 4	30, 1	22, 6
Ubajay (Avana)	23 »	84 45 »	94	23, 9	18, 3	21, 7	28, 4	23, 9
Rio Janeiro	22 53 S	45 46 O	...	23, 1	20, 3	22, 5	26, 1	23, 6
Honorura (Isola Sandwich)	21 16 »	169 21 »	...	23, 7	21, 6	23, 9	25, 5	24, 5
Nasirabad (India)	26 18 N	72 25 E	458	24, 5	15, 5	27, 8	30, 9	24, 7
San Luigi (Senegal)	16 01 »	16 53 O	...	24, 6	21, 1	21, 4	27, 6	28, 2
Key-West (Florida)	24 34 »	81 13 »	...	24, 7	21, 5	24, 2	27, 6	25, 5
Porto Luigi (I. Maurizio)	20 10 S	55 08 E	...	24, 9	21, 6	23, 8	28, 1	26, 0
Punah (India)	18 30 N	72 »	516	24, 9	21, 5	26, 7	26, 1	25, 3
Abouchahr	28 15 »	48 34 »	...	25, 9	16, 5	23, 5	33, 3	26, 5
Futtigurth (India)	27 22 »	77 11 »	181	25, 9	15, 3	28, 5	31, 7	24, 5
La Avana	23 09 »	84 43 O	...	25, 0	22, 6	24, 6	27, 4	25, 6
Saint-Denis (Borbone)	20 52 S	53 10 E	43	25, 9	22, 6	24, 6	26, 7	25, 5
Vera Cruz	16 12 N	98 29 O	...	25, 9	21, 5	25, 9	27, 5	26, 9
Seragapatam (India)	12 45 »	74 21 E	735	25, 1	22, 6	28, 5	24, 6	24, 4
Benares (India)	25 16 »	80 35 »	97	25, 4	16, 3	30, 0	29, 6	24, 1
Matanzas (Isola di Cuba)	23 02 »	83 58 O	33	25, 5	22, 5	25, 6	27, 6	26, 2
Ava	21 40 »	113 40 E	98	25, 7	20, 4	27, 7	28, 7	26, 2
Calcutta	22 35 »	86 00 »	...	25, 5	19, 9	28, 1	28, 5	26, 1
Bombay	16 56 »	70 34 »	...	26, 0	23, 2	27, 2	28, 1	27, 3
Giamaica	17 50 »	79 02 O	253	26, 1	24, 6	25, 7	27, 4	26, 5
Tortola (Antille)	18 27 »	67 00 »	487	26, 2	(25,5)	(25,2)	27, 0	26, 8
Kobbe (Africa)	14 11 »	25 48 E	...	26, 5	19, 9	28, 7	30, 0	27, 4
Paramaribo (Guiana)	5 45 »	57 33 O	...	26, 5	25, 9	26, 3	26, 9	28, 2
Singapor (Malacca)	1 17 »	191 30 E	...	26, 5	25, 9	26, 9	27, 1	26, 7
San Bartolomeo (Antille)	17 53 »	65 20 O	...	26, 6	26, 1	26, 6	27, 4	26, 4
Batavia	6 09 S	104 33 E	...	26, 8	26, 2	26, 6	27, 2	27, 1
Forte Dundas (Isola Melvilla)	11 25 »	127 45 O	...	27, 0	24, 0	27, 5	28, 8	27, 8
Aag'arakandy (India)	11 40 N	73 20 E	...	27, 2	26, 9	29, 9	26, 1	26, 7
Cristiansborgo (Africa)	5 24 »	2 10 O	...	27, 2	27, 4	29, 0	25, 5	27, 0
San Luigi di Maranhão	2 31 S	46 36 »	...	27, 2	27, 0	27, 9	26, 9	26, 4
Cumana	19 28 N	66 30 »	...	27, 4	27, 9	28, 6	28, 1	.....
Trinçonomale (Ceilan)	8 34 »	76 02 »	...	27, 4	25, 7	28, 4	28, 9	27, 2
Costa di Guinea	5 30 »	2 00 »	273	27, 4	26, 1	28, 3	26, 4	27, 9
Nagpor (India)	21 09 »	76 51 E	...	27, 5	22, 7	32, 9	28, 2	26, 4
Madras	13 95 »	77 57 »	354	27, 6	24, 8	28, 6	30, 2	27, 5
Kuka (Africa)	13 10 »	12 10 »	...	28, 2	23, 6	32, 6	29, 0	27, 2
Karikal (India)	10 55 »	77 24 »	...	28, 7	26, 4	30, 0	29, 9	28, 6
Rio Hacha (America meridion.)	11 28 »	75 20 O	...	.....	27, 6	28, 5	.....	....
Maracaibo	11 19 »	76 29 »	...	29, 0	27, 8	29, 5	30, 4	29, 5
Massawah (Abissinia)	15 36 »	37 09 E	...	(31,9)	26, 7	29, 5	.....	32, 9

Digitized by Google

Un semplice sguardo comparativo sulla tavola precedente, basta a porre in maggior rilievo i punti seguenti, che noi avevamo pur dianzi stabiliti e dimostrati, cioè:

1.°) Che l'equatore termico non coincide che assai raramente con l'equatore geografico;

2.°) Che le linee isotermiche non coincidono coi paralleli di latitudine;

3.°) Che, a latitudine uguale, l'Europa presenta una temperatura più mite e più uniforme di quella dell'America e dell'Asia;

4.°) Che i più grandi calori si presentano nell'interno dell'Africa;

5.°) Che, fra le quattro stagioni, l'autunno è, in generale, quella che offra maggiore analogia con la temperatura media dell'anno.

La tavola di Malhmann potrà del pari essere consultata con frutto dallo studioso quando, nelle venture lezioni, ci occorrerà di occuparci di altri gravissimi problemi di meteorologia e di fisica del globo; perocch'egli potrà agevolmente scoprire le più intime e costanti relazioni tra i fenomeni della temperatura, da un lato, e quelli delle pressioni barometriche, della igrometria, delle idrometeore, delle meteore elettriche e del terrestre magnetismo dall'altro.

Volgiamoci di presente alle speciali considerazioni, ch'io annunziava più sopra, intorno al clima di Genova. — Oltre alle osservazioni mie proprie, mi valgo qui delle eccellenti state pubblicate nel 1846 dall'illustre Prof. Giacomo Garibaldi, e di quelle che per gli anni successivi diede alle stampe un egregio cultore delle discipline meteorologiche e delle giuridiche, il Signor Avv. Raffaele Drago.

La media delle temperature in Genova, osservata alle 9 del mattino, è presso a poco eguale alla temperatura media dell'anno, la quale ascende a 15°, 58. Questa temperatura, poco diversa da quella di Nizza, Firenze e Roma, è notevolmente superiore a quella che si dovrebbe aspettare, avendo soltanto riguardo alla

latitudine di Genova. La vicinanza al mare, il riparo de' monti, l'influenza de' venti africani, sono le principali cagioni che rialzano tanto la isotermica di Genova.

Il riparto mensile e per stagioni della temperatnra annuale siegue una curva abbastanza regolare, avente il suo minimo grado intorno ai 13 di gennaio, e quindi ascendente, durante sette mesi, ad un valore massimo, che ragginnge presso il 27 di luglio. Variando fra questi estremi, la temperatura passa due volte nel suo valore medio, e ciò avviene verso il 14 aprile ed il 21 ottobre.

Paragonando le medie delle stagioni con la media annnale, si rileva che quest'ultima supera di 1°, 7 la media di primavera, ed è inferiore di 1° alla media antunnale; che la temperatura jemale discende di 7°, 2 al di sotto della media annuale, nell'atto che la estiva ascende a 7°, 9 al di sopra.

Rispetto alle estreme temperatnre annuali, il Prof. Garibaldi, in un decennio di accurate osservazioni, trovò che la massima oscillò fra 30°, 5, e 32°, 5, mentre la minima andò da 1° sopra lo zero a 3°, 1 al dissotto; talchè l'oscillazione del massimo freddo fu doppia di quella del massimo caldo. I medii valori di qneste massime o minime assolute sono eguali a 31°, 67 sopra, ed 1°, 23 sotto lo zero; per lo chè il movimento della colonna termometrica, dal massimo caldo estivo al massimo freddo invernale, può dirsi in Genova di 33 gradi. Il Signor Drago osservò nell'anno 1860 un massimo di 34°, 2 ai 14 di luglio, ed un minimo di 2° al di sotto dello zero il 18 dicembre, e quindi una differenza fra questi estremi di 36°, 2. L'anno corrente 1868 sarà, senza dnbbio, notabile nella storia meteorologica di Genova, come in qnella di tutta l'Europa, per la straordinaria crudezza dell'inverno che per manifesti segni ci si annunzia.

È nota la speciale incostanza delle temperature di Genova. Senza farne nn troppo eccezionale carico al clima nostro, poichè qnasi in ogni paese da me visitato nella zona temperata ho udito ripetere lo stesso lamento, debbo però confessare che la colonna

termometrica va in Liguria soggetta a frequenti oscillazioni, assai estese talora, anche nel breve periodo di una sola giornata. Non è raro, infatti, che noi abbiamo in un sol giorno (massime nei mesi di febbraio e di novembre) quasi un saggio delle quattro stagioni dell'anno. In una delle mie prossime lezioni, nella quale esporrò le leggi che regolano il meccanismo dei venti nel Mediterraneo, confido che potrò addurvi, o Signori, soddisfacenti spiegazioni di queste variazioni, accennando anche allora ad alcuni fenomeni i quali non si cattivarono, quanto a me sembrerebbe pur dovuto, l'attenzione dei nostri scienziati.

Il medio valore delle massime digressioni giornali del termometro ascende a 8°, 5 nei periodi mensuali, ed a 9°, 5 nei periodi delle stagioni. In quanto alle variazioni orarie, in generale, il termometro alle 9 del mattino segna una temperatura quasi uguale alla *media diurna;* quindi, con progressione alquanto diversa nei vari mesi e nelle diverse stagioni, sale gradatamente sino ad un *massimo*, che raggiunge intorno alle 3 pomeridiane nella primavera e nell'autunno, verso le 2 in inverno, e presso le 4 in estate; discende poscia verso un *secondo medio,* che tocca prima delle 9 di sera; poi continua a discendere fino al *minimo*, che raggiunge il mattino, prima del levar del sole.

L'oscillazione media, compresa fra le 9 mattutine e le 3 pomeridiane, non giunge a 2 gradi; nell'atto che la media oscillazione compresa fra il massimo e il minimo giornaliero oltrepassa i 5 gradi.

Se, com'io profondamente credo, le molteplici condizioni e le complicate vicende meteorologiche, da noi designate colla generale appellazione di *Clima*, esercitano la più grande influenza sull'indole, sulle tendenze, sul carattere morale degli individui e, per conseguenza, su quello delle nazioni, non saremo biasimati se affermeremo, dopo le cose discorse sin qui, che *il clima di Genova* ne *spiega in gran parte la storia.* La somma variabilità dell'uno non avrà forse contribuito a produrre del pari la somma instabilità dell'altra? E non è forse più razionale il cercare nelle fisiche e naturali cagioni i fattori delle buone e delle

cattive qualità di un popolo, anzichè domandarne (come fece, tra gli altri, il Bonfadio) la spiegazione a circostanze, delle quali non si sa invero scorgere la relazione con gli effetti a loro attribuiti, quando l'infelicissimo istorico e letterato disse: « I Genovesi hanno ingegno, ma l'aritmetica li guasta »?

L'influsso del clima sulle umane società venne, senza dubbio, esagerato da alcuni pubblicisti, massimo da Montesquieu e dalla sua scuola; i quali (imitando il volgo, proclivo a spiegare con misteriose cause tutto ciò che ignora) attribuirono, con Ippocrate, al clima una moltitudine di effetti buoni o rei, gran numero dei quali dipende da cagioni di ordine ben differente. Ma se, invece di attenerci alle sole influenze termometriche ed atmosferiche, prendiamo altresì a considerare, in una con queste, quelle ancora dipendenti dalla costituzione geologica, orografica e topografica dei paesi, noi non esiteremo un istante ad affermare, con l'illustre Karl Ritter, che tutti i popoli sono sotto l'influenza della Natura, la quale se qualche fiata non sembra manifestarsi in modo sensibile ed apparente, non estende però punto meno dovunque la sua azione misteriosa e profonda.

Benchè l'uomo possa vivere e, fino ad un certo segno, prosperare ed incivilirsi quasi sotto qualunque clima, niuno negherà pur tuttavolta che gli eccessi climatologici costituiscano almeno un ostacolo al libero svolgimento della sua attività. L'estremo freddo impicciolisce le forme dei vegetali, talchè le dimensioni di questi servono in qualche modo ad indicare i gradi del medio calore. L'agricoltura, le industrie, il commercio, le arti tutte della società civile incontrano, in un gelido clima, impedimenti, che spesso non riescono a sormontare, o che rallentano ognora i loro progressi. L'uomo stesso e la sua intelligenza tardi vi si sviluppano, nè giammai vi acquistano quella agiata mobilità, quella versatilità feconda, che sono invece sì comuni nei paesi più meridionali.

Se nei climi polari, la civiltà e la ricchezza sono paralizzate da insuperabili ostacoli, nei climi tropicali sono osteggiate non meno

Digitized by Google

energicamente da opposta cagione. — Il suolo, feracissimo in generale, non richiede che scarse e poco intelligenti fatiche, per dare mezzi sovrabbondanti ai bisogni della popolazione. La vegetazione è spontanea, svariata, colossale. La uniforme, equabile stagione non obbliga l'uomo a studiare diversi modi per guarentirsi dalle temute intemperie; semplicissimo vestimento gli basta; l'arte edificatoria non ha mestieri di moltiplicare le invenzioni, per accrescere delle case la solidità ed il comodo. Intanto l'alta temperatura ammollisce la fibra, e rende l'uomo tanto inchinevole alla voluttà, quanto restio agli ardui lavori dell'intelletto e delle membra. L'ozio e lo spettacolo di una prepotente natura inducono frattanto le plebi alle facili superstizioni, ed assicurano ai tiranni ed alle caste sacerdotali un assoluto dominio sulle curve ed inconscie moltitudini. Il lusso estremo trovasi accanto alla estrema povertà. Fatto una volta un rozzo trovato, che basti ai primi bisogni di un'arte, niuno sopraggiunge a perfezionarlo: se la macchina a vapore avesse potuto essere inventata al Cairo od a Cumana, sarebbe rimasta quale la lasciava il Marchese di Vorchester, e indarno avrebbe aspettato un Watt od un Fulton; e se gli uomini fossero tutti temprati come la razza Copta o la Ispano-Americana, il poeta Longfellow non avrebbe trovato le generose ispirazioni della sua lirica *Excelsior*.

In generale, adunque, noi possiamo affermare che i climi temperati sono i più propizi allo sviluppo economico e civile delle genti. Ivi l'uomo non è sotto l'impero soverchiante della natura, nè trovasi astretto ad un enorme dispendio di attività e di vigoria, per vincere ostacoli che stanchino la sua pazienza od esauriscano le sue forze produttive; mentre, al tempo stesso, la varietà e la incostanza delle stagioni, moltiplicando in lui l'agone dei bisogni, lo stimolano a fare invenzioni e scoperte, che lo pongano in grado di soddisfarli. *Vexatio intellectum parit.*

Ma come accade egli mai che la pianta della civiltà (la quale, come ben disse G. D. Romagnosi, al pari di tutte le altre piante, si trasporta e si comunica da paese in paese, da secolo a secolo)

abbia costantemente emigrato dalle regioni del Sud-Est a quelle del Nord-Ovest? — Bisognerebbe evidentemente far qui la storia intera dell'umanità, per rispondere a tale quesito; ed io non ho nè la dottrina nè l'opportunità da tanto.

Mi bastino questi pochi cenni a mostrare una volta di più come lo studio della Fisica del Globo e della Meteorologia non riesca soltanto fecondo d'insegnamenti al naturalista ed al filosofo, ma possa eziandio fornire utili e necessarie cognizioni allo storico, al politico, all'economista ed al legislatore.

Digitized by Google

LEZIONE XIII.

Le Correnti Atmosferiche

—

SOMMARIO.

Movimenti occidentali e movimenti regolari dell'Atmosfera. — Moree o Correnti dell'Oceano aereo. — Fenomeni cotidionamente osservobili, e i quoli spiegano le leggi dello Circolaziono, aerea. — Dipendenza dell'Anemometria dalla Termometria. — Gli Alisei. — Influenza rispettiva cho esercitano augli Alisei il color solore, la forma sferoidale della terro, la sua rotaziono diurna e le posizioni rispettivo del continenti e del mori. — I Contro-Alisei-Superiori. — Leggi di Moury. — Obbiezioni di Bourgois.

I.

Signori,

L'Atmosfera, nel seno della quale si svolgono quei fondamentali fenomeni termometrici, di cui abbiamo nella scorsa nostra conferenza indagato le leggi, fu da un gran fisico chiamata l'Oceano aereo, del quale la superficie terrestre è il fondo e le alte montagne sono gli scogli ed i banchi.

Al pari dell'Oceano acqueo, l'Oceano aereo va soggetto ad una triplice categoria di movimenti, la conoscenza e la determinazione dei quali forma il principale oggetto e (diciamolo pure) la più bella gloria della moderna Meteorologia.

Digitized by Google

Si osservano, in primo luogo, nell'atmosfera movimenti in apparenza almeno irregolari, come le onde marine; venti accidentali, che nel loro svolgimento e giusta la loro varia gradazione, possono divenire bufere, procelle, tempeste, uragani. — Noi studieremo a tempo debito questi fenomeni e vedremo che, malgrado l'apparente loro irregolarità, obbediscono pur tuttavolta anch'essi a leggi perfettamente assegnabili, e alcune delle quali sono già entrate nell'attuale dominio della scienza.

Secondariamente, in quella guisa stessa che il livello del mare è periodicamente sollevato due volte al giorno dalle combinate influenze della luna e del sole, così del pari va l'atmosfera soggetta ad una doppia oscillazione quotidiana, che può bene chiamarsi *Marea atmosferica,* e la quale noi esamineremo quando avremo premesso il necessario studio delle variazioni del barometro, le quali servono a misurarla.

In terzo luogo, finalmente, l'Oceano aereo possiede, come il marittimo, le sue correnti regolari, in alcune parti costanti o continue, in altre parti periodiche ed alterne; e di queste dobbiamo di presente occuparci, siccome quelle che, fra tutti i movimenti atmosferici, sono i più intimamente collegati (come l'effetto è alla cagione) alle leggi termometriche, delle quali abbiamo favellato nella passata nostra esercitazione.

Da antichissimo tempo, gli Arabi che navigano nel Mar Rosso, gli Indiani che perlustrano le coste del Coromandel e del Malabar ed i Cinesi che trafficano nei mari della Sonda, avevano osservato in quelle regioni una regolare alternanza di venti di S. O. spiranti dall'aprile sino all'ottobre, e di N. E. negli altri sei mesi dell'anno. — Erano i venti *periodici* o *Monsoni.*

Del pari, Cristoforo Colombo, veleggiante sull'Atlantico nel 1492, fu rallegrato dapprima dalla regolarità della corrente aerea che, soffiando da oriente, lo spingeva verso la meta della sua grande impresa. A poco a poco però l'inquietudine e lo sgomento succedettero alla gioia nell'animo de' suoi compagni, i quali non potevano vedere senza terrore la invariabile costanza

degli *Alisei*, che parevano dover loro per sempre impedire il ritorno.

Finalmente nel nostro Mediterraneo, benchè molte cause locali producano (come a suo luogo vedremo) grandi irregolarità nel movimento dell'atmosfera, regnano pur tuttavolta quei venti *Etesii*, che rendono il viaggio dall'Europa all'Africa in estate più breve che il ritorno.

Quali sono le cause determinanti di tanta costanza e regolarità? D'onde proviene che il più mobile ed il più volubile degli elementi obbedisca anch'esso a leggi d'ordine, di successione e di armonia, le quali (come fra non molto sarà manifesto) imperano persino nelle più violente tempeste e nelle più profonde perturbazioni dell'atmosfera?

Un gran filosofo ha detto che chi vuol conoscere le cose grandi e sublimi, dee cominciare ad osservar bene le piccole ed umili. — Seguitando il saggio consiglio, io piglierò le mosse da alcuni fenomeni in apparenza molto volgari, ma i quali ci guideranno nella importante ricerca che stiamo per intraprendere.

Se loro Signori aprono l'uscio che pone in comunicazione una camera, il cui ambiente è caldo, con un'altra stanza fredda, ed accostano a quell'apertura una candela accesa, vedranno tosto la fiamma inclinarsi sensibilmente verso la camera calda, se la terranno al basso e presso il suolo; e volgersi invece verso la stanza fredda, se alzeranno il lume nella parte superiore della porta; — indizio certo che l'aria più rarefatta e dilatata del vaso scaldato s'innalza e tende ad uscirne, mentre l'aria più densa del vaso freddo viene a precipitarsi verso il fondo della camera più calda, ad occupare lo spazio libero lasciato dalla colonna ascendente.

Così pure, se in un sala chiusa noi accendiamo un braciere, e spargiamo al di sopra di questo, nell'aere quieto e tranquillo, dei pulviscoli, od altri corpi leggieri, vedremo tosto che questi corpi si sollevano fino al soffitto, vi si stendono in falde, dirette tutt'intorno verso punti opposti a quelli occupati dalla sorgente

calorifica, poi ridiscendono verso il suolo, per andare a raggiungere la colonna ascensionale, che il fuoco alimenta e mantiene; — prova evidente di una circolazione regolare e continua, determinata appunto dalla presenza del braciere.

Or bene, o Signori. — Tutti questi movimenti, molto circoscritti nelle nostre piccole abitazioni, avvengono in proporzioni immensamente grandi nel seno dell' atmosfera. — Ma in questa, come in quelle, la causa prima dei movimenti è sempre la stessa: l' ineguaglianza delle temperature, e le differenze di densità che ne risultano nelle diverse parti della massa aerea.

Egli è quindi pienamente conforme all' ordine logico se, dopo avere studiato, nella scorsa nostra lezione, le leggi che governano le temperature dell' atmosfera, noi ci volgeremo di presente ad esaminar quelle che reggono i grandi movimenti, dai quali l' atmosfera medesima è sollecitata e spesso sconvolta.

II.

Nella precedente lezione noi abbiamo veduto che su tutto il circuito del globo stendesi una regione, nella quale la temperatnra è al suo massimo. Riconoscemmo pure ch' essa regione non coincide perfettamente coll' equatore terrestre, e che inoltre ella si sposta secondo il corso delle stagioni.

Prescindiamo un istante per ora dalle sue irregolari inflessioni e dai suoi mutevoli spostamenti; e supponiamo altresì che l' equatore termico si sviluppi esattamente coll' equatore geografico. Facciamo pnre astrazione dal movimento della terra: consideriamola come immobile, e supponiamo che sia mezzogiorno contemporaneamente su tutti i punti della sua superficie.

Noi avremo, in queste ipotesi, un' aria fortemente riscaldata su tutta la zona equatoriale; e, per consegnenza, un' aria che, dilatandosi, si alzerà in massa verso le superiori regioni atmosferiche.

Il movimento ascendente, così determinato all' equatore, provoca necessariamente un richiamo d' aria dai due lati dell' equatore termico, cioè dai poli verso l' equatore terrestre. Due falde d' aria fredda, radenti la superficie del suolo, si dirigeranno adunque sulla linea equinoziale.

Date le condizioni ipotetiche accennate più sopra, ecco quali sarebbbero, nella loro massima semplicità, gli elementi della circolazione aerea (*Figura* 26);

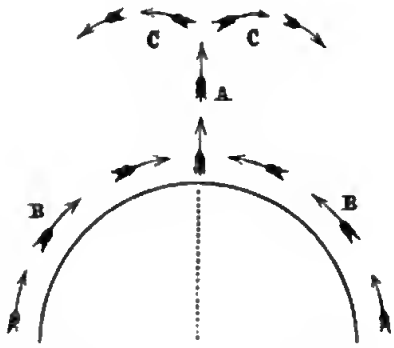


Fig. 26. — Influenza del Calore solare sulle correnti aeree.

1.° Una colonna ascendente sotto l' equatore (A);

2.° Due correnti in direzione opposta, tendenti dai due poli verso l'equatore (BB);

3.° Un ripiegamento (CC) della colonna ascendente equatoriale verso i poli, ai quali essa è richiamata dalla continua discesa delle due correnti polari.

Se noi immaginiamo di vedere questa circolazione dell' atmosfera in un piano verticale passante pei due poli, potremo rappresentarci gli effetti descritti con la sovra tracciata figura.

Abbandoniamo ora il campo dell' ipotesi, ed entriamo in quello della realtà.

Già nella mia VI^a Lezione, là dove io esponeva le leggi che governano il movimento di rotazione della Terra, si accennava alla prevalente influenza che questo movimento esercita sull' equilibrio e sulla circolazione dei fluidi; e nella Lezione X^a, trattando delle correnti marine, io mi studiava di porre in chiaro cotesta influenza sulle acque polari nel loro avanzarsi verso l' equatore, non che sulle acque equatoriali in moto verso i poli. Fenomeni della natura medesima vedremo, nella nostra XXVII^a Lezione, svolgersi nella economia dei fiumi e dei corsi d' acqua, soggetti anch' essi al-

l'impere delle grandi leggi astronomiche, e tendenti, in virtù di queste leggi, a spostare la loro direziene, per guisa da operare un arco di rivoluziono intorno al pianeta.

Or bene, l'influsso che la rotazione terrestre esercita su tutte le masse fluide, si verifica, più energicamente che in tutte le altre, in quella che di tutte è la più vasta ed insieme la più mobile, nella massa atmosferica.

Noi sappiamo, infatti, cho la Terra gira snl proprio asse nella direzione da ponente verso levante. Tutti i suoi punti compiono una rivoluzione intera in uno stesso periodo di 24 ore. Ma in questo intervallo di tempo, non percorrono tutti i punti la stessa quantità di spazio, epperciò non sono animati tutti della stessa velocità. La Terra (nei lo sappiamo) non è perfetta sfera, è uno sferiode, e perchè tutta la sua massa eseguisca una rotazione intera in 24 ore, bisogna che i punti della sua superficie, situati all'equatore, più lontani quindi dall'asso di rotazione, abbiano una velocità maggiore di quella che sollecita i punti situati man mano verso i poli, i quali all'asse medesimo sono più vicini. All'equatore, la velocità è circa di 416 leghe all'ora; a 49 gradi di latitudine, essa non è già più che di 273 leghe; a 55 gradi, è di 238 leghe; al polo, essa è nulla.

L'aria, che ci sembra in riposo, si muove in realtà insieme con la terra, a cui sovraincumbe. La falda atmosferica cho trovasi, per esempio, a 49 gradi di latitudine Nord, corre dunque verso levante con una velocità di 273 leghe per ora. Supponiamo che questa falda sia trasportata dal 49° sul 55° parallelo, senza che la sua velocità abbia subito alcun cambiamento; essa continuerà a percorrere 273 leghe per ogni ora; ma ciascun punto del parallelo 55° ne percorre soltanto 238; l'aria guadagnerà dunque sul suolo e nella direzione di Levante 35 leghe per ogni ora; e siccome il suolo ci sembra ognora in riposo, così noi attribuiremo all'aria una velocità verso Levante di 35 leghe all'ora, vale a dire la velocità del più violento uragano. L'effetto inverso accadrebbe se una massa d'aria in relativo riposo sul 55° parallelo, fosse subitamente

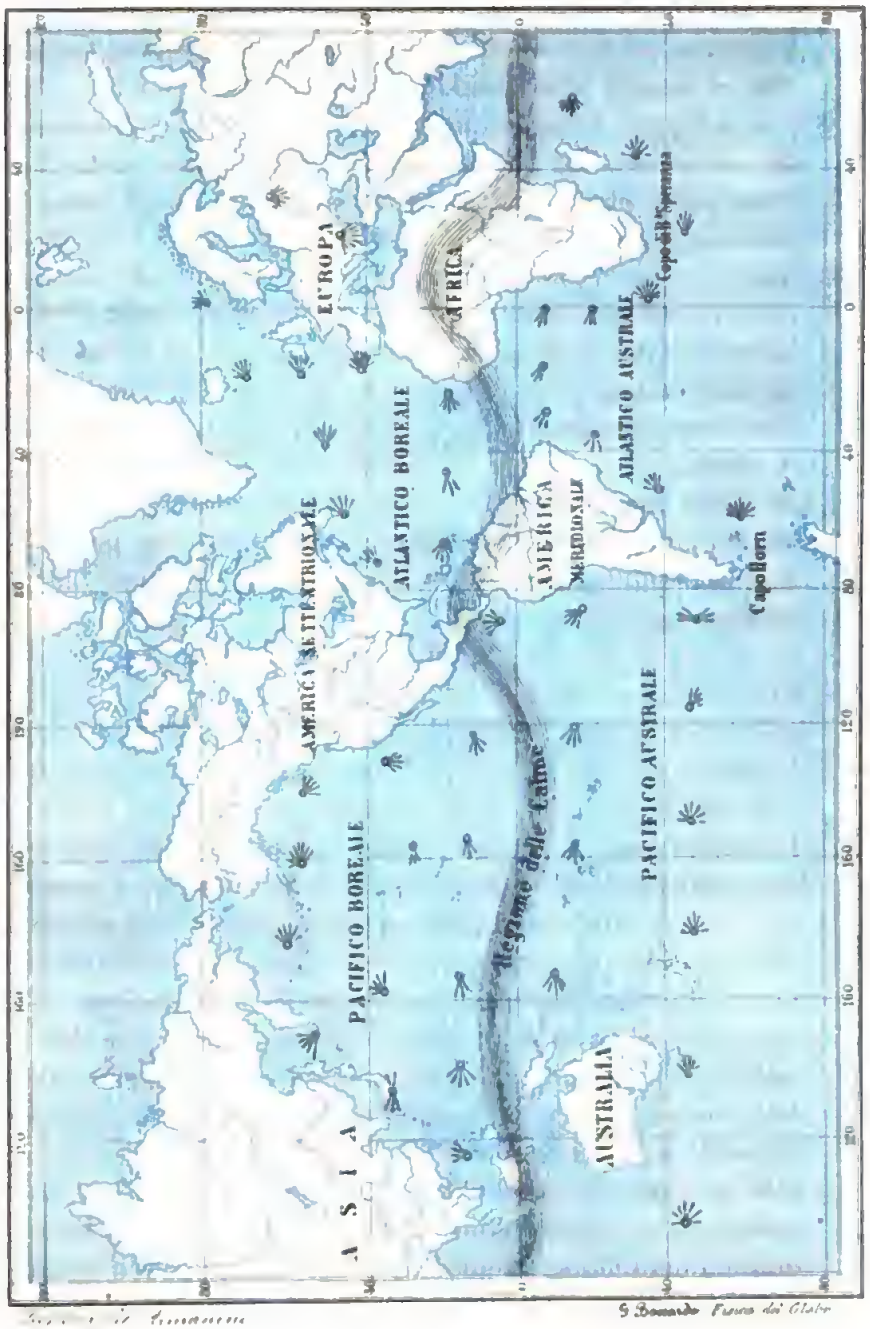
trasportata sul 49°. Qnest' aria ci sembrerebbe correre da Levante verso Ponente con una velocità di 35 leghe.

Io ho supposto qni, per maggior chiarezza, un passaggio repentino delle falde d' aria da un parallelo ad un altro; ed ho supposto inoltre che le falde effettuino questo passaggio, conservando intatta la loro iniziale velocità. — Nel fatto, cotali trasporti di masse aeree da uno ad altro parallelo si fanno sempre gradatamente; e nel loro tragitto, le masse incontrano resistenze di varia natura. — Ma il principio della differente velocità da cni sono animati, da una parte, il globo, e, dall' altra, gli strati atmosferici che riposano sovra di esso, rimane pur sempre verissimo. E siccome la grandezza dei paralleli va man mano diminnendo tanto più rapidamente quanto più ci accostiamo ai poli, indi è che gli effetti poc' anzi segnalati, saranno tanto più spiccati e gagliardi, quanto più alte sono le latitudini nelle quali noi li vedremo avvenire.

III.

Ciò premesso, ci sarà assai agevole, o Signori, lo spiegarci l' influenza che la rotazione terrestre deve esercitare sulla più importante specie di venti, sui venti *Alisei*, i quali sono appnnto quelli che poco fa accennavamo provenire dai poli verso l' equatore, per effetto del richiamo che sulle dense zone d' aria polare provoca la colonna ascendente equatoriale.

Consideriamo dapprima l' aliseo dell' emisfero boreale. — Abbandonando il polo artico, per dirigersi a sud verso l' equatore, esso passa successivamente sopra paralleli i cui diametri e, per conseguenza, le cui velocità vanno man mano aumentando. Se la velocità assoluta di qnesto vento non cambia, sembrerà gradatamente più e più in ritardo sul movimento verso Levante, a paragone delle regioni ch' esso traversa, o continuando pnr sempre a progredire verso il Sud, sembrerà trasportarsi, al tempo stesso, verso



G. Bonardo Fisica del Globo

Digitized by Google

Ovest: e l'apparente sua direzione sarà da N. E. verso S. O., la quale è appunto la direzione generale degli alisei di questo emisfero.

Del pari, l'aliseo dell'emisfero australe partito dal polo antartico e dirigendosi verso l'equatore, incontrando, di mano in mano che procede, paralleli più grandi epperò animati da più veloce rotazione, sembrerà anch'esso retrocedere verso ponente; e l'apparente sua direzione invece di essere perpendicolare all'equatore, sarà obliqua a questo gran circolo, cioè invece di essere da S. verso N., sarà da S. E. verso N. O., la quale è precisamente la direzione dei venti alisei dell'emisfero australe.

Interposta alle due regioni degli alisei, stendesi una regione (che è quella immediatamente situata all'equatore) dove s'innalza la colonna ascendente, alimentatrice di tutta la circolazione aerea.

Qui però vi ha da fare una importante osservazione. — La nostra tavola delle linee isoteriche ci ha mostrato che, durante l'estate, la linea di massimo calore si porta notevolmente verso il Nord dall'equatore. Ne consegue che la falda d'aria ascendente, la quale separa i due alisei, si sposta anch'essa secondo le varie stagioni, o durante la nostra estate risale di vari gradi a settentrione dell'equatore. Allora l'aliseo del Sud rimonta egli pure a Nord della linea equinoziale. Fino a tanto che questo aliseo rimane al di sotto di questa linea, la spiegazione precedente conserva tutto il suo valore; ma dal momento ch'esso ha varcato l'equatore, penetra su paralleli la cui velocità è, al contrario, decrescente, e il suo ritardo, invece di aumentare, svanisce. In quella stagione, infatti, l'aliseo del Sud, rialzandosi verso il Nord, assume la direzione S. S. E. S., e talora S. S. O., invece della direzione S. E. N. O.

Astrazion fatta da quest'ultima circostanza, gli alisei dei due emisferi spirano in direzioni simmetricamente distribuite ai due lati dell'equatore; e sulla superficie oceanica, lungi dall'influenza perturbatrice delle terre, presentano la più grande regolarità. Nella tavola annessa noi porgiamo una esatta idea della estensione

rispettiva che gli Alisei occupano in media sull'Atlantico in due opposte stagioni, estate ed inverno. — La stessa regolarità e maggiore ampiezza offrono sull' Oceano Pacifico.

IV.

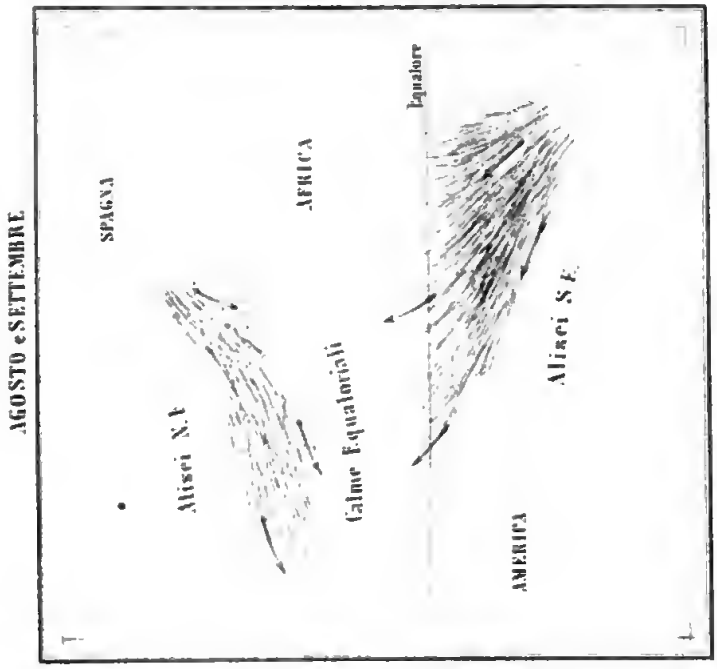
Le due correnti aeree che abbiamo di sopra descritte vengono a fondersi insieme nella colonna ascendente, che le divide. Quando esse la raggiungono, conservano ancora il momento delle loro velocità acquisite; ma queste velocità, per lo innanzi convergenti, ivi si rialzano verso la verticale, sotto l' influenza dell' azione solare; e la componente loro orizzontale si affievolisce, determinando la risultante verticale o ascendente. È ciò che viene indicato sulla nostra tavola dei Venti Regolari, che tra le regioni degli alisei segna la zona delle *Calme equatoriali*. Calme pur tuttavolta apparenti e traditrici, come a suo luogo vedremo.

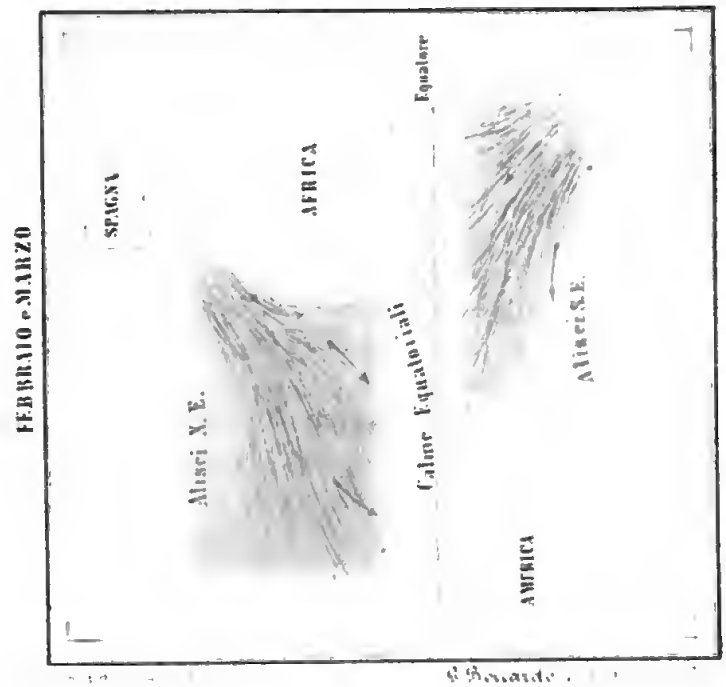
Ma qui non è compiuto ancora il grande circuito atmosferico. La falda o colonna equatoriale non può, di natura sua, conservare in sempiterno il suo moto ascendente e verticale. Le masse d'aria che partono continuamente dai poli, per formare le due correnti alisee, determinano, con la loro fuga medesima, un possente richiamo dalle zone superiori dell' atmosfera, dalle quali deve perciò necessariamente partire una doppia massa di fluido, destinato a sostituire ai poli quella quantità che ne è partita. — Quindi è che la colonna mediana si sviluppa, si stende, quando è giunta ad una certa altezza, in due falde orizzontali, che, come abbiam veduto nella figura tracciata al principio di questa lezione, tendono dall' equatore verso i poli, formando i così detti *Contro-Alisei superiori*.

Se non che, vi ha ancora un elemento del quale non abbiamo sin qui tenuto conto nello studio della circolazione atmosferica. Finora noi la abbiamo esclusivamente considerata nei suoi rapporti col calore dei raggi solari e con la rotazione diurna della

Digitized by Google

Digitized by Google





Digitized by Google

terra; e la abbiamo seguitata dalla sua origine sotto l'equatore, e nei suoi progressi al polo, e poi da questo di nuovo all'equatore, ove il doppio gran giro si compie. E ciò basterebbe, se il globo non fosse formato che di una omogenea superficie oceanica, senza che le terre, i continenti e le isole intersecassero i mari e ne alterassero sommamente la forma generale.

Or bene, grandissima è l'influenza che le terre esercitano sulla direzione degli alisei, non che sul grado di velocità della loro doppia corrente.

Basterà, a convincervene, uno sguardo che voi gettiate sulla nostra tavola degli Alisei dell'Atlantico. — In febbraio e marzo l'emisfero australe è nella stagione estiva; la temperatura vi si accosta al suo massimo e lo raggiunge. Allora la Senegambia, la Guinea, il Sudan e le regioni dell'Africa meridionale hanno un grado di calore superiore a quello dei mari circonvicini; indi, al di sopra di quelle contrade, l'aria trovasi animata da una energica forza ascendente, che esercita tutt'all'intorno una poderosa aspirazione. L'Atlantico la subisce. Sulla sua superficie, gli strati aerei sono fortemente attratti verso l'Africa, e noi vediamo infatti l'aliseo del N. E. inflettersi verso le coste del Senegal, e prendervi gradatamente le direzioni N. N. E. — N. N. O. — N. O. Ad aumentare l'effetto, si aggiunge che il continente americano, assai angusto nella sua parte situata tra l'equatore e il tropico del Nord, si allarga invece a mezzodì dell'equatore; epperciò durante l'estate australe, corrispondente al nostro inverno, si stabilisce, sulla superficie del Brasile, una forte aspirazione, che aumenta lo sviluppo e la velocità dell'aliseo del N. E. — In agosto e settembre avviene precisamente il contrario effetto. Allora è la parte settentrionale dell'Africa che giunge al suo massimo di temperatura, epperciò alla sua massima forza di aspirazione. Vediamo allora gli alisei del N. E. fortemente deviati verso le coste del Marocco e del Sahara, e inflessi molto più a Nord della Meridionale America. Gli stessi e più energici fenomeni si producono negli alisei del S. E.

Digitized by Google

Ciò quanto alla direzione. — Rispetto alla velocità, durante la nostra estate, chiaro è che l'aliseo del N. E. dev'essere contrariato nel suo sviluppo dalla potente aspirazione dei deserti africani, ed assai debolmente sollecitato dal continente americano; motivi pei quali esso è fievole assai ed indeciso in quella stagione. In inverno invece, libero e franco procede con maggior forza, non rattenuto dalla aspirazione del Sahara, ed attratto altresì da quella del Brasile.

Effetti dello stesso genere la disposizione dei continenti determina sugli alisei del Pacifico. — Nell'Oceano Indiano, essi prendono proporzioni affatto eccezionali, siccome vedremo nella prossima lezione, quando tratteremo dei Venti Monsoni.

V.

Ho già due volte dovuto far cenno per incidenza della corrente superiore di ritorno, ossia del contr' aliseo. — Consideriamo ora alquanto più da vicino questa parte della teoria degli alisei.

Precisamente sotto l'Equatore la sua esistenza è piuttosto una verità d'induzione, che un principio di osservazione diretta. Si è certi che essa deve sussistere, perchè altrimenti tutto il resto del sistema circolatorio mancherebbe di base; ma il fatto è che alla sua origine equatoriale, essa ha una così notevole altezza che, nemmeno salendo sui più alti picchi delle Cordigliere, si è potuto scoprirne con certezza l'esistenza.

Ma siccome questa falda aerea, muovente dall'equatore ai poli, si abbassa progressivamente verso la superficie del globo, a misura che dalla linea equinoziale si avanza verso i tropici, e siccome, dall'altro canto, essa percorre, nella sua via, regioni di mano in mano men calde, da questa doppia circostanza deriva che nell'aria spostata da lei appariscono alcune nubi formate dalla condensazione dei vapori ch'essa seco trascina: si è da questi testimoni o messaggeri, che ci è dato rilevare la sua direzione.

Digitized by Google

Non è raro, infatti, di osservare nelle regioni tropicali nuvole viaggianti a grande altezza, ed in senso contrario ai venti di superficie.

Del resto, anche in mancanza di questo diretto indizio, è permesso d'inferire il movimento superiore di ritorno, da altri numerosi fenomeni, che troverete, o Signori, assai minutamente descritti nei trattati, e specialmente in quello della *Legge delle Tempeste* del Prof. Dove di Berlino.

Io mi contenterò di riferirne i principali. — Nella notte dal 30 aprile al 1.° maggio del 1812 si udirono alle Barbade (Antille Inglesi) forti detonazioni simili a colpi di artiglierie di grosso calibro, talchè il presidio del forte Sant' Anna brandì le armi, per prepararsi a difesa contro ignoto assalto. All' alba del 1.° maggio, la parte a levante dell' orizzonte era chiara e serena, mentre tutto il resto del cielo era avvolto in un fitto ammanto di nere nubi. L' oscurità divenne ad un tratto sì grande, che nelle abitazioni non si potevano più discernere le aperture delle finestre. Intanto una pioggia di ceneri cadeva sì copiosa, che le piante piegavano sotto il peso di quelle.

Or bene, seppesi, poco dopo, che quelle ceneri provenivano da una forte eruzione del vulcano di Morne-Garù, esistente nell' Isola di S. Vincenzo, a trenta leghe circa a ponente delle Barbade. — Frattanto si sa che nei mesi di aprile e di maggio l' aliseo del N. E. è in tutta la sua forza, talchè riesce perfino impossibile in quella stagione di andare a vela da S. Vincenzo alle Barbade, senza fare un gran giro, a cagione appunto della contraria direzione dei venti. Come mai dunque le leggiere ceneri del vulcano poterono da occidente venire a levante, e piovere sulle Barbade? Evidentemente quelle ceneri furono dalla violenta eruzione lanciate fin nella falda degli alisei superiori, e da questi trasportate notevolmente a N. E. Quando poi cominciarono la loro caduta attraverso all' aliseo inferiore, questo, riconducendole a S. O., le precipitò sulle Barbade.

Altro fatto della stessa natura. — Il 20 gennaio 1835, tutto l' istmo dell' America Centrale sentì la scossa del terremoto che

accompagnò la celebre eruzione del vulcano di Coseguina, sul lago di Nicaragua. Le detonazioni si udirono perfettamente alla Giamaica, posta 200 leghe a N. E. di Nicaragua, ed anzi anche a Bogota, che ne è lontana più di 350 leghe. Durante 43 ore il porto di Union, sulla costa occidentale della baia di Conchagua, rimase avvolto in una completa oscurità; e le ceneri caddero in abbondanza a Kingston ed in altre parti dell'Isola di Giamaica, compiendo un viaggio aereo della stessa natura, ma più lungo di quello fatto dalle ceneri del Morne Gerù.

Il primo filosofo che abbia affermato l'esistenza dell'Aliseo di ritorno, come una conseguenza dell'Aliseo di superficie, fu, sin dal 1636, l'inglese Halley. Egli non ne aveva ancora prove dirette, ma ne attingeva la certezza nella conversione quasi istantanea del vento verso direzioni opposte alle precedenti, quando si traversano i limiti polari degli alisei. Nelle alte latitudini, infatti, i venti cessano quasi subitamente di spirare verso il Sud nel nostro emisfero, ed assumono una tendenza boreale.

Successivamente, l'illustre geologo Leopoldo Di Buch ha potuto verificare l'esistenza della contro-corrente, in un punto ove essa è già sufficientemente abbassata, perchè sia dato di raggiungerla sugli alti picchi montani. Sul picco di Teneriffa egli sperimentò un forte vento di S. O., contrario quindi alla direzione dell'aliseo. Humboldt racconta ch'egli vi trovò un vento occidentale così gagliardo, che il grande viaggiatore riusciva a stento a tenersi in piedi. Un abile navigante, Giorgio Glass, afferma che nelle Canarie, un forte vento d'Ovest spira sulle alture di quelle isole, con la stessa costanza, con la quale il N. E. vi regna sul lido del mare.

Questo fatto si può considerare come generale nelle regioni degli Alisei, Infatti Goodrich trovò in aprile venti di S. O. alla vetta del Muna-Kao nell'Isola Hawai, nel momento stesso che l'aliseo di N. E. soffiava nelle parti basse dell'isola.

VI.

La teoria generale della circolazione aerea, e quella più speciale dei venti alisei, che noi abbiamo sin qui descritto nei suoi precipui lineamenti è, con alcune notevoli varianti, quella che è stata con tanto splendore esposta dall' illustre Sig. Maury nelle sue opere: *Physical Geography of the sea and its meteorology*, — ed *Explanations and sailing directions, to accompany the winds and currents charts.*

Sebbene in un' opera essenzialmente sintetica, quale si è il presente mio Corso, potrei forse considerare come sufficienti le cose esposte sin qui sopra un tale argomento, senza entrare nella minuta discussione delle molteplici controversie alle quali esso ha dato luogo nel campo degli studi peculiarmente marittimi e professionali-nautici, reputo pur tuttavia opportuno di far menzione di un pregevolissimo lavoro pubblicato, or è poco tempo, dal Sig. S. Bourgois, Capitano di Vascello nella Marina Imperiale Francese.

Questo valente e dotto ufficiale presentò sotto il titolo di *Réfutation du Système des vents de M. Maury*, una serie di gravi obbiezioni alla teoria dell' autore Americano; obbiezioni di alcune delle quali abbiamo tenuto conto nella esposizione precedente del generale sistema circolatorio atmosferico, mentre di altre che, lasciandone sussistere i concetti fondamentali, tendono a modificare in varie parti la teoria sovraindicata, faremo cenno di presente.

Ecco ora in riassunto le idee del Sig. Bourgois. — Se prescindiamo dalla influenza delle terre, la circolazione aerea può considerarsi come dipendente dalla diminuzione della densità dell' aria nelle regioni equatoriali, prodotta dall' alzamento della temperatura.

A questa cagione, che tende ad imprimere alle molecole una velocità diretta dal polo verso l' equatore, sulla superficie del

globo, e dall'equatore verso il polo, nelle regioni superiori dell'atmosfera, si aggiunge la differenza delle velocità di rotazione dei diversi paralleli, la quale conferisce velocità relative da Levante a Ponente alle molecole che si dirigono verso l'equatore, e da Ponente a Levante a quelle che si dirigono verso il polo.

Ciascun elemento di quella traiettoria delle anzidette molecole, astrazion fatta dai cambiamenti in altezza, potrebbe determinarsi mercè delle formole della Meccanica, quando si conoscesse in ogni punto la velocità acquisita, non che le accelerazioni di velocità secondo i vari meridiani e paralleli, dovute alle cause poc'anzi indicate. Ma in niun caso, fintantochè almeno la velocità acquisita ha un valore sensibile, non può essere conceduto di trascurarla nella risoluzione del problema, come l'ha trascurata il Sig. Maury; e, per conseguenza, non puossi ammettere coll'autore americano che le molecole aeree, giungendo all'equatore secondo la direzione del N. E. possano assumere subito una direzione N. O., e le molecole venienti da S. E., quella del S. O.

Egli è vero bensì che Maury pretende che cotesto molecole arrivino *senza velocità* all'equatore; che, *arrestate nel loro movimento in avanti, poi compresse fra due sistemi di alisei e scaldate dall'ardore del sole, esse assumano un movimento ascendente.* Ma tutte questo circostanze sono, giusta il Sig. Bourgois, meramente ipotetiche, ed arbitrariamente estimate.

È possibile bensì comprendere una certa compressione prodotta dall'incontro di due correnti aeree, le cui direzioni sono ad angolo retto, tuttochè l'altezza osservata della colonna barometrica all'equatore non conformi questa ipotesi. Devesi ammettere altresì che da questo incontro risulti una deviazione comune; ma ciò che punto non si scorge, si è come lo stato di riposo dell'aria, la *calma*, possa essere la conseguenza dell'incontro delle due correnti.

In questa materia i ragionamenti non hanno base solida, se non partendo dall'analogia che deve sussistere tra i movimenti dell'aria e quelli dei liquidi, dei quali noi siamo testimoni sulla superficie del globo. Ora, si è egli mai osservato che due correnti

d'acqua convergenti sotto un angolo di 90° siano passate, dopo il loro incontro, ad uno stato di equilibrio e di riposo? Non le si vedono invece, in tal caso, riunirsi e seguire una direzione intermedia e comune, risultante dalle rispettive loro masse, dalle loro velocità e dalle loro direzioni primitive?

L'analogia indica adunque che se cagioni peculiari (quale sarebbe, ad esempio, una grande differenza nelle densità delle correnti d'aria) non vi oppongono ostacolo, l'incontro di un vento di N. E. e di un vento di S. E., egualmente forti, dee produrre, non già la *calma*, ma bensì un vento di Est, come appunto l'esperienza e l'osservazione ci dimostrano che avviene nei mari interamente liberi. La supposta *zona delle calme* (da ciò conclude il Bourgois), circondante come un vasto anello equatoriale tutto il pianeta, non esiste adunque se non nell'immaginazione di Maury. Esistono invece peculiari *calme locali*, determinate da circostanze del pari *locali*.

Lo scrittore americano, omettendo di tener conto, nella sua teoria dei venti, dell'inerzia, e, per conseguenza, delle velocità acquisite dalle molecole d'aria, fu indotto a supporle percorrenti traiettorie lossodromiche, mentre la loro direzione è ben diversa.

A queste osservazioni d'ordine generale, altre in grandissimo numero ne aggiunge il Sig. Bourgois, tendenti a rettificare molte inesattezze nelle quali sarebbe, secondo lui, caduto il Sig. Maury, sia relativamente alle direzioni dei venti alisei nei due emisferi, sia rispetto al regime dei venti polari, sia intorno alle cause determinanti dei cicloni; come pure altre riflessioni, tendenti a rivendicare la priorità di vari autori francesi (fra i quali specialmente Filippo di Kerhallet ed il Sig. Lartigue) i quali, assai prima del geografo americano, avrebbero scoperto varie fra le leggi che governano la circolazione atmosferica, e segnatamente quelle dei venti generali di Ponente, i quali sull'Atlantico abbreviano i ritorni dagli Stati-Uniti in Europa, e negli altri Oceani le traversate dal Capo di Buona Speranza all'Australia, dall'Australia al Capo Horn e da quest'ultimo al Capo di Buona Speranza.

Digitized by Google

Io non potrei naturalmente, a meno di eccedere soverchiamente i limiti a questo mio lavoro assegnati, seguire il valente autore francese nella sagacissima ed erudita indagine che fa di tutti questi e di molti altri punti della sua teoria dei venti. La parte più essenziale delle argute sue dimostrazioni è quella riflettente l'influenza che sulla direzione dei venti regolari esercitano le terre ed i continenti; o di questa parte io feci (come si è veduto) tesoro, per completare l'esposizione del sistema generale della circolazione aerea, sistema che è essenzialmente fondato 1.° sulla esistenza di una causa prima, determinante il moto generale aereo, cioè sulla azione dei raggi solari all'equatore; 2.° sulla conseguente necessità di una doppia corrente polare diretta nei due emisferi verso l'equatore medesimo; 3.° sulla deviazione che queste due correnti subiscono in ragione della forma sferoidale della terra e della sua rotazione diurna; 4.° sulla azione perturbatrice che esercita la disposizione delle masse continentali ed il conseguente spostamento alternativo dell'equatore termico e della colonna di ascendente aspirazione.

Questi sono i fondamentali principii che servono di base a qualunque razionale e sperimentale sistema scientifico intorno alla circolazione aerea; e questi principii non ci sembrano essere punto contraddetti nè dal Sig. Bourgois, nè da altri.

Se non che, a compiere il quadro dei grandi movimenti regolari ai quali va soggetto l'Oceano aereo, ci resta ancora ad esaminare una vasta regione del globo, nella quale le leggi fin qui esposte dell'aerea circolazione, sono profondamente modificate dalle circostanze geografiche, e dove i venti, pur conservando il carattere generale della *regolarità*, da *costanti* si mutano in *periodici*. Ella è la regione dei *Monsoni*, e noi ce ne occuperemo di proposito nella prossima nostra lezione.

LEZIONE XIV.

Le Correnti Atmosferiche

(Segue)

—

SOMMARIO.

I venti ippali o Monsoni. — Descrizione e leggi delle loro conversioni. — Gli Etesii. — I tre inverni di Genova. — Dipendenza delle Correnti atmosferiche dalla Termometria. — Variazioni orarie e variazioni accidentali dei venti. — Anemometria speciale della Liguria. — I venti considerati sotto l'aspetto economico ed igienico. — Velocità comparative dei venti. — Le perturbazioni atmosferiche in varie parti della terra. — Effetti degli Uragani.

I.

Signori,

I venti costanti, che abbiamo descritto nell'anteriore nostro trattenimento, non sono le sole regolari correnti che solchino i campi immensi dell'atmosfera. Vi hanno altri venti, la cui regolarità consiste, non più (come i precedenti) nella *costanza*, ma bensì nella *periodicità*, nel cambiare, cioè, alternativamente di direzione in ogni anno, a seconda del corso delle stagioni.

Di questa specie di venti ne incontriamo in tutti gli Oceani. L'Atlantico ce li presenta fra le due regioni estreme intersecate dalla linea delle calme. In prossimità del tropico settentrionale, e spe-

Digitized by Google

cialmente nei paraggi delle Canarie, il vento spira dal N. E. in estate, e dal S. O. in inverno. Un somigliante fenomeno osservasi nel Pacifico; — ma si è nel Mare delle Indie che esso apparisce sopra una scala più ricisa e più vasta; e si è del pari ai venti di quest' ultima regione che in modo peculiare venne dalla più remota antichità applicato il nome di *Monsoni*, derivato (dicesi) da *Mussin*, parola che in lingua Malese vale *stagione*.

Valendomi dell' amicizia di cui mi onora il dotto orientalista, e mio collega, Prof. G. Sapeto, mi rivolsi a lui, per avere una etimologia della parola *Monsoni*, quale non mi era venuto fatto di riscontrare esatta e concorde negli Autori. Ecco la risposta che egli ebbe la gentilezza di farmi, e che io qui testualmente trascrivo.

« Mi è stato impossibile di verificare se *Monsone* venga dall' arabo o dal malese *mussin (stagione)*, secondo che ha asserito il Marsden nelle *Asiatic Researches*. Io non ho mai udito dare dai piloti arabi questo nome ai venti periodici del Nord Est e del Sud Ovest dominanti nell' Oceano Indiano che lambe la Malesia e le sponde Sud Est dell' Asia: ho bensì udito una appellazione consimile dalla bocca de' marinari *malgasci*, indiani e malesi. Nella lingua marinesca di questi e nell' Himiari-Gheer-Amhara *mausun* vuol dire *circoscritto*, determinato, limitato da luogo o da periodo di tempo, e siccome i *monsoni* sono limitati all' Oceano Indiano, essendo sconosciuti nei due Oceani Pacifico ed Atlantico, e soffiano a vicenda coi tempi determinati e circoscritti a sei mesi, così potrebbe pur darsi che tirassero il nome loro da coteste due determinazioni. Nel qual caso *monsone* avrebbe analogia col nome arabo *mossanun, cosa che accade una volta all' anno*. Il nome avrebbe altresì analogia con *maussim*, che è il tempo del *pellegrinaggio* alla Mecca e dei *grandi mercati*. Infine i venti Nord Est e Sud Ovest che signoreggiano a vicenda per sei mesi il grande oceano, si poterono chiamar *mossauan* dalla parità della *signoria* loro del mare indiano. Gli Arabi ai venti del Nord Est danno comunemente il nome *sciarchi mogiarreg*, e di *ghàdiga* ai loro antagonisti del Sud-Ovest.

« Arriano chiamò *etesie* i monsoni dominanti l'estate l'Oceano Indiano; i Romani dettero loro il nome di Favonio, Ippalo e Libonoto, i quali due ultimi individui furono i primi a cimentarsi al passaggio dell'Oceano dall'Arabia all'India, profittando appunto dei *monsoni* Sud Ovest ».

Fu durante la spedizione di Alessandro, che i Greci ebbero per la prima volta conoscenza dei Monsoni. Gli Arabi erano perfettamente famigliarizzati con quella regolare alternanza di venti, dacchè Sidi Ali nel suo libro Mobit, sulla navigazione dell'Oceano Indiano, pubblicato poi nel 1554, cataloga le epoche del principiare dei monsoni per 50 porti differenti.

Il celebre Halley diede nelle *Philosophical Transactions* una buona descrizione dei Monsoni. I lavori dei moderni meteorologi, e sovratutto quelli del luogotenente olandese Jansen, ne hanno rivelato in tutte le sue parti la economia.

Il modo migliore di spiegarli è quello di cominciare col descriverli.

A mezzodì dell'equatore, fra il 36° ed il 40° parallelo meridionale, e da Madagascar fino alla Nuova Olanda, l'aliseo del S. E. regna durante tutto l'anno come sulla superficie del Pacifico e dell'Atlantico.

La zona delle calme, durante l'inverno del nostro emisfero, discende fino al 10mo grado di latitudine sud, ma non oltrepassa guari questo limite.

Durante questo tempo, a Nord dell'Equatore, nel mar delle Indie e nel golfo del Bengala, dalla costa occidentale di Sumatra fino alla costa d'Africa, regna l'aliseo di N. E., come nei grandi Oceani.

Ma fa d'uopo ricordare l'influenza che sulla direzione degli alisei esercitano le aspirazioni continentali. I deserti dell'Africa si scaldano più rapidamente e con maggiori intensità e durata dei mari circostanti; e quelle aride pianure rimandano per via d'irradiazione l'eccesso di calorico da cui sono animate. L'aria degli strati inferiori si dilata e s'innalza, trascinando seco verso le alte regioni i venti, che subiscono così l'impulsione verticale delle

correnti d'ascensione. È questa la cagione per cui, nell'Atlantico, l'aliseo del S. E. varca la linea, per dilatarsi sull'emisfero boreale. Nel modo stesso, sull'Oceano Indiano l'aliseo del N. E. valica l'Equatore, per prolungarsi sui 10 primi gradi dell'emisfero australe. Esso traversa allora paralleli man mano più angusti, e, per conseguenza, animati di velocità gradatamente decrescenti. Egli guadagna quindi sovra ogni parallelo uno spazio nel senso del levante, e si trasforma successivamente in venti del N. N. E., del N. N. O., e del N. O.

Il fenomeno inverso ha luogo durante la nostra estate e l'inverno australe. Allora il centro di aspirazione si è trasferito sul continente asiatico: i deserti d'Arabia e quelli dell'Asia Centrale sono le fornaci che costringono l'aliseo del S. E. a prolungarsi al di là del 10° grado di latitudine Sud; esso accostasi gradatamente alla direzione del meridiano, a misura che si avanza verso l'equatore; poi, quando ha varcato la linea, la diminuzione dei paralleli lo trasforma successivamente in vento di S. S. O. e di S. O.

Tale è, nella sua massima semplicità, la legge dei Monsoni, la cui alternativa dipende, come vedesi, dall'alterno passaggio del sole da tropico a tropico. Da ottobre all'aprile domina il monsone di N. E., che agevola il viaggio dalle Indie alla costa africana; e quello del S. O. invece durante l'altra metà dell'anno, facilitando il ritorno. Durante il monsone di N. E. il cielo è chiaro e sereno, perchè il vento viene secco ed asciutto dalle pianure asiatiche; la stagione è, per lo contrario, cupa e piovosa quando spira il monsone di S. O. carico di umidità, raccolta nel grande Oceano australe.

II.

Come la causa che li determina, così del pari i monsoni stessi sono un fenomeno d'ordine generale, che si produce più o meno gagliardamente in tutte le zone di deviazione degli alisei. Ma nell'Oceano Indiano essi assumono più vaste proporzioni, a motivo

della peculiare disposizione orografica del continente d'Asia. Le regioni meridionali di questa parte del mondo si scaldano energicamente nell'estate; le pendici della grande catena Imalaica, rivolte verso il golfo del Bengala, partecipano a questa elevata temperatura e favoriscono la formazione d'una corrente d'aria ascendente alla loro superficie. L'aspirazione, che ne risulta, non tarda a trascinar seco le falde aeree sovraincumbenti all'Oceano, le quali sono men calde di quelle che riposano sull'altipiano del Tibeto. Indi è che l'aliseo del S. E., trasformato in vento di S. e poi di S. O. dopo aver valicato la linea, penetra molto innanzi nelle terre, spinto e dalla sua velocità acquisita e dal possente richiamo dell'aria che scorre dal basso in alto sulle pendici meridionali della catena. — Quando poi, nell'altra stagione, il continente comincia a raffreddarsi (il che avviene più rapidamente che altrove, a cagione della enorme altitudine delle vette e delle giogaie dei monti imalaici), il richiamo d'aria tende a ricomparire sulla superficie dei mari. La sostituzione di una corrente all'altra si fa dopo una serie di esitazioni più o meno prolungate, durante le quali avvengono quelle spaventevoli procelle, quelle supreme lotte degli elementi, onde noi non abbiamo esempio nelle nostre latitudini, e delle quali dovremo a lungo intrattenerci fra breve.

III.

Vi ha un'altra specie di venti regolari e periodici, esistenti nel nostro Mediterraneo. — Sono i venti, ai quali gli antici Greci e Latini diedero il nome di *Etesii* (da *Etos*, stagione).

Essi hanno qualche somiglianza coi Monsoni; ma molto meno ricisa è la loro regolarità, trovandosi il Mediterraneo nella sfera di azione delle variabili correnti aeree, delle quali or ora ci occuperemo. Tuttavia, di mezzo a molteplici accidenti, è dato riscontrare una influenza costante, quella del Sahara.

Digitized by Google

Questo immenso deserto, non contenendo che rare Oasi scarsamente irrigate, si compone pressochè unicamente di sabbie e di ghiaie, formanti il fondo di un antico mare. Quando, durante la state, le coste del bacino Mediterraneo non hanno che una temperatura media di 15 gradi, quella del Sahara si innalza al di sopra di 30 gradi. Io in aprile vidi il termometro salire a 28 gradi nel deserto di Suez, che è una dipendenza e quasi una continuazione del Sahara. Indi una colonna ascendente, che aspira e seco trascina tutt' all' intorno le falde aeree, quelle segnatamente che sono a levante, a ponente e a settentrione del deserto, cioè precisamente quelle che sovraincumbono al Mediterraneo. Ad oriente e ad occidente l' aspirazione ha per effetto di far deviare verso il continento i monsoni e gli alisei; a settentrione, tende ad attirare verso l' Africa i venti che radono la superficie dell' Europa. È questa la cagione per cui il viaggio dalla Francia all' Algeria è più breve che il ritorno, di un quarto per le navi a vela, e di un decimo per lo vaporiere. È proprio il deserto africano che le attira. Tutti gli alberi delle isole di Majorca e di Minorca sono inclinati verso mezzodì. La parte orientale del Mediterraneo fino alla nostra Italia, anzi fino in Provenza, è dominata in estate dai venti regolari di N. E.

Il regime di cotesti venti Etesii è peculiarmente favorevolo al clima della nostra Penisola, e costituisce una delle più efficaci condizioni di quel ridente *cielo d'Italia*, che forma (ahi pur troppo!) uno dei precipui vanti del nostro paese. Ecco come ne discorre uno scienziato straniero, che al clima dell' Italia ha consecrato un grosso e pregevole volume (Dott. Ed. Carriere, *Du Climat de l' Italie*): « I venti estivi (dice egli) spirano dal lato del mare, portando l' umidità sul territorio; nell' atto che i venti jemali, soffiando dal lato del continente, recano la siccità nell' aere e gli restituiscono la trasparenza, che avea perduta. Così, coi venti etesii, i quali regnano tanto regolarmente quasi per mantenere la serenità del cielo durante la bella stagione, vi è un motivo perchè i giorni sian belli nell' estate, come vo ne ha uno altresì perchè

belli siano nell'inverno; ed è ciò appunto che conferisce alla Penisola vantaggi che la fanno prevalere a paesi più meridionali ed in apparenza meglio collocati di qnel che sia il suo territorio. In Africa, per esempio, il mezzogiorno è secco ed umidi sono i venti boreali, doppia condizione che genera estati ardenti e nubilosi inverni. Plinio avea fatto già qnesta giusta osservazione ».

Nell'inverno, l'azione del Sahara si affievolisce alquanto; le cime dell'Atlante e dei controfforti che manda al Mediterraneo, si raffreddano; la costa settentrionale dell'Africa diventa più fredda del mare, la cni temperie è (come sappiamo) più costante; ed allora i venti etesii cessano, ed il Mediterraneo ricade sotto l'impero delle generali correnti equatoriali.

Succede in Genova e su tutta la ligure costiera un fenomeno il quale, come esempio dell'influenza delle temperatnre sui venti, merita di venir qui accennato. Io ho osservato che per solito noi abbiamo successivamente ogni anno tre inverni di durata gradatamente minore. Il vero inverno, in dicembre e gennaio; un successivo inverno, di due settimane circa, nel marzo, diviso dal primo mercè di una anticipata primavera; ed un terzo inverno, di pochi giorni, più o meno rigoroso secondo le annate, nell'aprile e talvolta in maggio, che più di una fiata è vennto a compromettere i raccolti e a tradire le speranze dei nostri giardinieri ed ortolani.

È agevole (parmi) darsi perfetta spiegazione di questo fenomeno, il quale, del resto, si verifica in tutti i paesi topograficamente simili al nostro. — Quando, in gennaio, le terre italiche ed europee a settentrione del golfo di Genova giacciono sotto il loro manto di neve, noi cominciamo a ricevere il mite influsso del clima mediterraneo, e dei tiepidi venti che l'Africa ci manda. L'atmosfera quindi si dilata, e richiama dal di là dell'Appennino una fredda corrente di tramontana, che, precipitandosi in virtù della sua maggiore densità, finisce per arrecarci il secondo più breve inverno. Ma il Sahara intanto, che si va rapidamente scaldando, c'invia più costanti e più forti i suoi saluti snlle ali del Libeccio;

il quale non tarda a rialzare la temperatura del golfo, a segno da rompere ogni equilibrio con le più fredde plaghe del settentrione. Indi la terza visita dei venti di terra, e quei freddi serotini che sorprendono i nostri giardini ed i nostri aranceti, castigandoli di aver preso troppo sul serio la precoce primavera.

Una osservazione analoga a quella che io ho qui accennato, ma che è forse meno completa, faceva su questa particolarità climatica di Genova, fin dal 1846, uno dei Professori alla cui dotta o faconda parola vada maggiormente debitrice la educazione scientifica della mia gioventù e di quella della generazione alla quale io appartengo, l'illustre Prof. Garibaldi seniore. « Nell'inverno (diceva egli nelle *Notizie Meteorologiche* comprese nella *Descrizione di Genova e del Genovesato*, pubblicata in occasione del Congresso degli Scienziati tenuto nella mia nativa città) la temperatura del suolo lombardo, situato al di là dell'Appennino, si mantiene inferiore a quella del nostro mare, mentre nell'estate avviene il contrario. Il disequilibrio termometrico, che per siffatta cagione si avvicenda nell'aria di queste regioni vicine, determina il predominio alternato dei venti boreali ed australi, che notiamo nelle due diverse stagioni. Egli è nell'inverno che l'aria fredda della regione lombarda, versandosi dall'Appennino sul mare, ci arreca in copia i venti del N., mentre d'estate è l'aria più fredda del nostro mare che, sormontando l'Appennino e dirigendosi sul suolo lombardo, rende freqnenti da noi i venti meridionali ».

IV.

I movimenti dell'atmosfera non sono determinati soltanto dalle variazioni annue della temperatura o da quelle delle stagioni, che abbiamo studiato sinora. Vi influiscono ancora le variazioni diurne del termometro. Nella sua quotidiana rotazione intorno al sole, la terra riceve dall'astro centrale un massimo ed un minimo grado di calore, divisi fra loro da alterne gradazioni. Le dilatazioni e

contrazioni successive, nascenti da questa periodicità, producono un alternativo spostamento di più o meno grandi masse aeree.

Vi hanno pochi paesi al mondo, nei quali questa giornaliera vicenda riesca più sensibile che a Genova, specialmente durante l'estate. Quando il tempo è calmo e sereno, noi vediamo, dalle otto alle nove ore del mattino, una brezza di mare alzarsi a poco a poco a levante. Debole apprincipio e limitata ad una angusta zona, essa aumenta gradatamente di forza e di estensione fin verso le tre passato mezzodì, momento in cui spira da libeccio; poi ella si affievolisce di mano in mano che s'innoltra a ponente. Al tramonto rinasce la calma; bentosto però si alza una brezza di terra, che va verso il mare e che dura fino al nuovo giorno.

Nelle regioni dotate di alte montagne si svolgono giornalmente moti di flusso e di riflusso atmosferico, alternatamente ascendenti e discendenti lungo le erte pendici e nelle concavità delle valli, determinati anch'essi que' moti dalle periodiche variazioni della temperatura rispettiva delle alture e dei piani.

I venti generali modificano e complicano bensì questi movimenti locali, ma non sono sempre abbastanza possenti, da distruggerli affatto.

V.

Innanzi di procedere oltre in questa parte della Meteorologia, non posso lasciar passare l'occasione che mi si presenta di accennare ad un rilevantissimo rapporto, benchè soverchiamente trascurato dagli Autori speciali della materia, ch'essa presenta con un'altro e ben distinto ramo della scienza, voglio dire con quel complesso delle dottrine antropologiche, le quali hanno il nobile obbietto del miglioramento delle umane condizioni. Un dotto medico francese, il Signor Foissac nella pregevolissima sua opera intitolata: *Della Meteorologia ne' suoi rapporti con la scienza*

Digitized by Google

dell' Uomo, è, a mia conoscenza, quasi il solo scrittore che abbia accordato a quest' ordine di studi il grado che gli compete.

Dei vantaggi che arrecano i venti alla navigazione ed all' industria, non che della necessità di ben conoscerne la direzione, la forza e la durata, è inutile, come di cose per sè medesime evidentissime, il tenere speciale discorso. Vano del pari è il segnalare quanto cotesta scienza importi al comandante delle forze navali ed al generale di eserciti. Tito Livio riferisce che nella battaglia di Canne *(il Campo di sangue)*, sia per effetto del caso (del caso? — ed il generale nemico era Annibale!), sia per le abili disposizioni prese dai Cartaginesi, il vento chiamato *Volturno* dagli abitanti (*Eurus*, vento di Est) soffiava in faccia ai Romani, e toglieva loro la vista dei Cartaginesi, involgendoli in un nembo di polvere.

Le onde dell' Oceano aereo, sempre in movimento, distribuiscono ed armonizzano le temperature sulla faccia del globo. È noto quanto delizioso riescano le brezze che temperano, col giornaliero loro fremito, l' aria infocata del cielo tropicale. L' Europa deve una porzione de' suoi frutti e delle sue messi al predominio dei venti del Sud-Ovest nella più gran parte delle sue regioni. Sulle rive stesse del Mar Glaciale, e sovratutto nei piani in cui scorre l' Aniouy, regna un vento singolare di est-sud-est, che soffia specialmente in autunno ed in inverno e che, quando spira, fa salire a vari gradi sopra lo zero il termometro che, poco prima, indicava 25 gradi di freddo.

Ma a ciò non si limita la salutare azione dei venti: essi distribuiscono inoltre alle diverse regioni l' umidità dei mari, e così diventano agenti di fecondità. Essi trasportano del pari nelle più lontane contrade le polveri seminali dei fiori o delle piante, e nella mia XXIX^a^ lezione mostrerò quale immensa azione esercitino, a questo titolo, sulla economia del creato. I semi di alberi del tropico s' incontrano, per tal guisa portati, persino sui ghiacci del Groenland e della Nuova Zembla. Da Alessandria fino al Sennaar, l' Egitto e la Nubia sono coperti di palmizi femmine;

un solo maschio basta alla fecondazione di un gran numero, ed il vento è il Mercurio di questi fecondi sponsali.

Fra i mille esempi che potrebbero citarsi della influenza che il regime dei venti esercita non solamento sulle fisiche condizioni di una contrada, ma eziandio sulla vita sociale e sul grado di civiltà delle razze umane che vi hanno stanza, mi contenterò di ricordarne un solo, ma tale che val per mille.

L' orientaziono di tutte le coste del continente africano ò disposta per guisa, che le correnti atmosferiche, le quali portano altrove l' umidità e la frescura, non possono ivi penetrare molto innanzi nell' interno della terra. I monsoni del S. O., che sono venti piovosi, spirano in direzione parallela alla costa orientale; e gli alisei, molto umidi anch' essi, non si allontanano quasi dal lido occidentale. Non vi hanno adunque che le sponde del mare, ed alcune angnste striscie interne che ricevano pioggia in abbondanza. Il resto del continente è sottratto alla benefica influenza delle brezze marine. È questa la vera cagione della scarsità estrema delle piogge in Africa, la quale venne così sovente attribnita alla situazione di quel continente sotto all' equatore, non osservandosi da quelli che ciò asserivano che altre terre molte ricevono non meno diretti i raggi del sole e nondimeno godono il benefizio delle piogge; e da altri alla esistenza di immense superficie sabbiose, le quali sono piuttosto un effetto che una cagione della aridità della contrada e del clima. Da ciò nascono, infatti, il nudo squallore del Sahara al Nord e del deserto di Kalihari al Sud; da ciò l' estrema povertà della vegetazione in quelle area immense; da ciò l' irregolarità del corso dei fiumi, soggetti a piene ed a magre intermittenti; da ciò l' abbandono e la solitudine di vaste regioni; da ciò finalmente la barbarie cronica ed insanabile dei popoli che vi abitano. Per rigenerare l' Africa, ci vuol altro cho l' opera dei missionari e dello società bibliche! Una addizione della quantità di acqua a quel continente riserbata nella economia fisica del pianeta, farebbe più e meglio che cento apostoli e cento martiri. Favorire l' umidità con piantagioni dappertutto ove è possibile; aprire pozzi

artesiani dove può con frutto lavorar la trivella, è servire l'umanità e l'incivilimento in modo assai più efficace, che predicando al deserto ed ai feroci Tuareghi che lo scorazzano.

Vi hanno circostanze però, nelle quali i venti, non solo a cagione della loro violenza, ma eziandio per le loro qualità maleficho, divengono apportatori di gravi disastri. Essi contribuiscono, senza dubbio, ad ingenerare le malattie risultanti dalle repentine variazioni dell'atmosfera; e quelli fra i miei concittadini che hanno avuto sott'occhio gli accurati studi che sulla Statistica Medica di Genova va facendo il mio dotto collega il Prof. Du Jardin, ben sanno quanto le vicende che ho sopra descritte nel regime dei nostri venti, concorrano a determinare fra noi il predominio delle infermità dell'apparato polmenare. E quando si tratta di risalire alle cause, oscure finora, delle costituzioni epidemiche, i grandi osservatori di tutti i tempi consultano la prevalenza, la direzione, le variazioni e le qualità fisiche dei venti che le precedono e le accompagnano. Nella lezione di questo Corso in cui tratterò della Igrometria accennerò ad una mia osservazione circa l'influenza che il freddo umido esercita, siccome una delle più possenti e funeste cause di un gran numero di gravi malattie, come lo scorbuto, la scrofola, la tisi, ecc.

L'uomo cede continuamente coll'aere espirato e con la riazione cutanea una notevole proporzione di calore e di un fluido escrementizio di varia quantità. Santorio, De Gorter ed altri esperimentatori hanno pesato con la bilancia queste quantità medesime. Finchè la perdita rimane circoscritta in una certa misura, non è dannosa, giova anzi alla salute; ma in quella guisa medesima che l'evaporazione di un lago, di un fiume, del mare aumentasi considerevolmente nelle forti agitazioni dell'aria, del pari e più ancora il calore e l'escrezione che si esalano dall'umano corpo, possono essergli sottratti, sotto l'aziono di certi venti, in una proporzione soverchia e nociva. A ciò si aggiungano le influenze elettriche, le quali diventano naturalmente più energiche allorchè l'aria umida si fa perciò stesso buona conduttrice. L'ammiraglio

Wrangell ed il capitano Parry narrano come nelle regioni polari un uomo ben vestito possa passeggiare senza sofferenza nell'aria libera, ma tranquilla, anche sotto una temperatura di 20 a 30 gradi *meno*. Ma se alzasi il vento, il freddo diventa intollerabile. Ogni molecola aerea che tocca la pelle o l'indumento che la ricopre, tende a mettersi in equilibrio coll'una o coll'altro, togliendone una porzione di calore. È agevole comprendere qual perdita se ne faccia in mezzo a tempeste di neve e di pioggia, e con venti che corrono 30 e 40 metri al secondo.

E poichè ho qui accennato alla variabile velocità dei venti, ecco ora una tavola dei risultamenti a tale proposito ottenuti col *Simpiezometro* del Sig. Babinet:

	Velocità al minuto secondo		Velocità per ora	
Vento appena sensibile	*Metri* 0, 5	*Metri* 1800	*Leghe*	0, 40
Vento sensibile	» 1, 0	» 3600	»	0, 81
Vento moderato	» 2, 0	» 7200	»	1, 62
Vento fresco o brezza.	» 5, 2	» 19800	»	4, 15
Vento utile ai molini	» 7, 5	» 21000	»	6, 10
Vento eccellente per la vela . .	» 10, 0	» 36000	»	8, 16
Vento gran-fresco (fa serrar le vele)	» 15, 0	» 54000	»	12, 05
Vento impetuoso	» 20, 0	» 72000	»	16, 20
Tempesta	» 22, 5	» 81000	»	17, 35
Grande tempesta	» 27, 0	» 97200	»	22, 04
Uragano	» 36, 0	» 104400	»	29, 33
Uragano che atterra gli edifizi . .	» 45, 0	» 162000	»	36, 62

Intorno all'influenza che i venti esercitano sulle temperature dei luoghi che attraversano, molte interessanti osservazioni furono fatte in questi ultimi anni, fra le quali piacemi riferir qui le seguenti, che estraggo principalmente dall'opera del Dott. E. E. Schmid, intitolata: *Lehrbuch der Meteorologie.*

EFFETTI DEI VENTI SULLE TEMPERATURE DELL'ANNO (*Gradi centigradi*).

Luoghi	Osservatori	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.O.	O.	N.O.	Maximum Meno Minimum
Carlsruhe . . .	Eisenlohre	10,5	8,6	10,5	13,1	12,5	10,9	12,1	11,2	1,5
Parigi	Haeghens	11,2	11,5	13,2	15,1	15,1	14,7	13,4	11,9	3,9
Londra	Dove	7,7	8,1	9,6	10,6	11,4	10,8	10,2	8,7	3,7
Dublino	James	7,4	8,1	9,0	9,6	10,5	10,4	8,9	7,5	3,1
Zecken	Gube	5,7	6,4	7,6	8,2	9,6	9,5	8,2	6,9	3,9
Arys (Prussia) . .	Vogl	4,1	4,4	3,4	7,9	6,5	6,4	7,0	8,1	4,7
Reikiavik (Islanda)	Dove	1,7	2,1	5,1	7,2	8,1	3,6	7,7	7,6	6,1

Donde si vede che i venti del Sud sono quelli che producono generalmente la più energica influenza. Molto minore è invece quella del vento del Nord, direttamente opposto al precedente. Così, per Parigi, Londra, Dublino, e Zecken in Slesia, la differenza delle temperature massime e minime è da 3 a 4 gradi. Essa è di 4.° 6 circa per Carlsruhe ed Arys in Prussia; mentre ammonta a 6.° 4 per Reikiavik, la capitale dell'Islanda.

Il Quetelet, del resto, fa a questo proposito nella sua *Météorologie* una importante osservazione. Bisogna accuratamente distinguere (dice egli) la direzione dei venti dalla direzione delle onde barometriche, delle quali io m'occuperò nella XVI^a^ nostra lezione. Le linee giusta le quali si sviluppano le pressioni atmosferiche sulla superficie del globo, hanno, senza dubbio, intime relazioni con quelle nelle quali i venti si propagano. Ma queste relazioni non vanno fino alla perfetta identità; e fino ad un certo segno le due specie di linee possono considerarsi come indipendenti. È questa appunto la ragione per cui io, trattando qui dei venti, ho rimandato ad una delle successive lezioni lo studio speciale della barometria meteorologica.

VI.

Descrivendo fin qui gli Alisei, i Monsoni, gli Etesii, le variazioni diurne e locali dei venti, noi abbiamo sinora supposto che nessun elemento perturbatore venga ad imprimere straordinari movimenti all'atmosfera. Ma questa è da quando a quando agitata da formidabili convulsioni le quali, comunicandosi alla superficie dei mari, producono quelle tempeste che distruggono così sovente le vite e le opere degli uomini e sconvolgono la faccia della natura.

Innanzi d'indicare gli ingegnosi sistemi coi quali la moderna meteorologia è pervenuta a scoprire le leggi che governano le tempeste, non vi sarà discaro, o Signori, che io vi indichi con

alcuni esempi, le regioni che ne sono i principali teatri, accennando al tempo stesso i terribili effetti di queste meteore.

Ho nella mia scorsa lezione osservato quanto sia traditrice la denominazione di regione delle Calme data a quella plaga aerea dove s'incontrano e tagliano le estremità delle correnti alisee. Ivi le masse d'aria vanno spesso soggette a veri movimenti di torsione, che dagli Spagnuoli hanno appunto per questo, ricevuto il nome significativo e pittoresco di *Tornados*. L'appressarsi del pauroso fenomeno è annunziato dall'apparizione di una piccola macchia di argenteo colore, la quale, mostrandosi dapprima ad una grande altezza nel cielo, si allarga bentosto e scende verso l'orizzonte con un movimento graduale, lento sì ma perfettamente visibile. Nello avvicinarsi, la macchia si circonda di un nero anello, che si stende a poco a poco in tutte le direzioni, e finisce per avvolgere il cielo in una impenetrabile oscurità. La vita (dice il medico inglese Boyle, che osservò più volte questi fenomeni sulla costa di Sierra-Leora in Africa) la vita sembra allora sospesa sulla terra e nell'atmosfera; una inquieta aspettazione opprime gli esseri tutti. Ma ecco tosto fiammeggiare una larga striscia elettrica, rumoreggiare la folgore che si avvicina rapidamente; e dalla parte più nera dell'orizzonte un turbine precipitarsi con violenza incredibile, strappando gli alberi, schiantando i tetti e gettando a picco le navi che incontra.

Fenomeni simili a questi della sponda africana si sviluppano con variabile energia nel bacino dell'Orenoco, nell'America Centrale, nell'Oceano Indiano, nel Pacifico, nell'Arcipelago della Sonda.

I tornadi escono raramente dalla zona delle calme equatoriali, ove sono mantenuti dalla convergenza degli alisei. Talvolta ne escono però: acquistando eccezionali dimensioni, si stendono in altezza fino alla regione dei contro alisei superiori, sotto l'influenza dei quali vengono, come una trottola gigantesca, trascinati fuori dei consueti loro confini. — In questo caso, fortunatamente abbastanza raro, i tornadi diventano *cicloni* (dalla voce greca *cuclos*, circolo).

Digitized by Google

Il ciclone è costituito da una ragguardevole massa di aria animata da un rapido movimento di rotazione attorno ad un asse pressochè verticale. Il senso della rotazione è, nell'emisfero boreale, costantemente da ponente a levante passando pel Sud, ossia nella direzione inversa al movimento degli aghi di un orologio; nello emisfero australe, al contrario, è da ponente a levante passando pel Nord, ossia nel senso del movimento degli aghi di un oriuolo. Nell'atto che l'aria turbina per cotal modo sopra sè stessa, il complesso del fenomeno è trascinato da un moto di traslazione sopra una vasta curva, la cui convessità è diretta verso Occidente.

Vedremo, a suo luogo, le cagioni determinanti di tutte queste circostanze della formidabile meteora. Volendo per ora dare una idea dei suoi terribili effetti, ricorderò i due memorandi cicloni dai quali fu segnalato, nell'Atlantico Settentrionale, il mese di ottobre del 1780. — Il primo distrusse la città di Savannah-la-Mary sulla costa occidentale della Giamaica. La squadra dell'ammiraglio Rodney vi si trovava all'àncora; quattro de' suoi vascelli perirono; tre furono gravemente danneggiati. Ma più orrendo fu ancora il secondo uragano di quel funesto mese. Un convoglio di 50 navi, scortate da due fregate, veleggiava nei paraggi della Martinica: sette soltanto di quei legni poterono salvarsi. Novemila persone furono uccise in quell'isola: mille nella sola città di S. Pietro, dove non una sola casa rimase intera; il mare, alzatosi di 25 piedi al momento dell'alta marea, cento cinquanta edifizi furono in un istante sommersi. A S. Eustachio 27 navi vennero ad infrangersi sugli scogli. Sei mila persone perirono a Santa-Lucia, dove il mare si sollevò a tale altezza, da demolire il forte e da lanciare un bastimento sull'ospedale marittimo, che fu schiacciato.

Queste convulsioni della natura non sono meno spaventose nè meno terribili nei mari della China e delle Indie, dove prendono il nome speciale di *Tifoni*. — Per quanto, del resto, possano variare i nomi di queste formidabili convulsioni dell'Atmosfera, e chiamarsi ancora *Pamperos* sulla costa orientale dell'America,

Armattan sui lidi africani, *Simoun* nel Sahara, *Hamsin* nel deserto di Suez ed in Egitto, le cagioni che li producono e le leggi che li governano sono universali e costanti. Esporrò in una delle mie prossime lezioni queste cagioni e queste leggi, limitandomi per ora a segnalare una notevole correlazione che passa fra una delle più frequenti forme delle procelle dell' Atlantico boreale, da una parte, ed un fenomeno marittimo che già conosciamo dall' altra.

In una delle passate lezioni ho dato una descrizione della poderosa corrente marina conosciuta sotto il nome di Gulf-Stream. È singolare l' intima relazione che esiste fra questa fiumana oceanica ed alcune delle tempeste a tipo rotatorio che imperversano talvolta sull' Atlantico.

L' influenza calefaciente del Gulf-Stream non si limita, infatti, alle zone liquide od aeree che sono a contatto immediato della grande corrente, ma si fa sentire a grandi distanze. Nella fredda stagione, le falde aeree più dense sono potentemente attirate dalla colonna di aspirazione che ascende al di sopra delle acque più calde del Gulf-Stream. Consultando un gran numero di giornali di bordo riuniti nell' Osservatorio di Washington, i Signori Maury e Redfield hanno potuto seguire il corso di molti uragani irresistibilmente trascinati sulla via della corrente del Golfo.

Gli annali marittimi degli Stati-Uniti fanno menzione di una tremenda procella che fece risalire verso la sua sorgente il gran fiume oceanico attraverso allo stretto di Bahama. Violentemente risospinte nel golfo, le acque si alzarono a più di 30 piedi al di sopra del livello delle più alte maree. Ma quando quella massa enorme, cessata la pressione dell' aria, cominciò a rifluire contro il vento e nella direzione che avea prima abbandonata, il mare sul suo passaggio si sconvolse fin negli abissi; e lingua umana non può descrivere l' orrido spettacolo che presentò allora la regione del Gulf-Stream.

Tali sono in iscorcio gli spaventevoli fenomeni che le violente agitazioni dell' atmosfera ad ora ad ora presentano. È egli possibile

studiarne, assegnarne le leggi? È egli dato alla scienza umana di prevedere, epperò di evitare quei disastri?

Risponderò a questa domanda nelle mie venture lezioni, dopo che alle nozioni che abbiamo già acquistate sulla termometria del nostro globo avrò aggiunto alcuni necessari principî sulla barometria, sulle atmosferiche pressioni, sui principali strumenti di osservazione meteorologica e sulla grande e tanto agitata questione della Previsione del tempo.

Digitized by Google

Fig. 27. — Uragano sulle Antille.

Digitized by Google

Digitized by Google

LEZIONE XV.

Previsione del Tempo

—

SOMMARIO.

La Meteorologia moderna ed i suoi strumenti di osservazione. — Gli apparecchi automatici ed il Meteorografo del P. Secchi. — Importanza speciale del barometro. — La Previsione del tempo. — I sacerdoti antichi. — Pronostici celebri. — La Luna ed influenze attribuite a questo satellite. — Leggi di Schübler. — Il Numero d'Oro. — L'Anno Magno. — I grandi inverni. — Le stelle cadenti. — La previsione a breve scadenza. — Le correnti e le onde atmosferiche dell'Europa ed i Servizi Semaforici.

I.

Signori,

Dopo avere spiegato le leggi che imperano sulle temperature alla superficie del globo, e quelle che determinano le correnti dei due Oceani, acqueo ed aereo, un vasto campo ci si spiega ora dinanzi: quello delle perturbazioni, alle quali entrambi questi Oceani vanno soggetti e delle meteore e delle tempeste di cui sono il teatro. — Prima però di entrare in questo nuovo ordine d'idee, gioverà volgere la nostra attenzione sopra un problema, che alla più grande importanza intrinseca accoppia quella che deriva alle quistioni scientifiche dall'interesse di una affatto spe-

Digitized by Google

ciale attualità, talchè può veramente chiamarsi uno dei problemi dell'epoca nostra; voglio parlare della tanto controversa *Previsione del Tempo.*

Il termometro, per misurare le temperature; l'igrometro, per riconoscere la quantità di vapore acqueo esistente nell'atmosfera; il barometro, per determinarne le pressioni, ecco i tre capitali strumenti sui quali riposa la Meteorologia. Le osservazioni raccolte col soccorso di questi preziosi congegni, erano, fino a questi ultimi tempi, registrate dagli osservatori medesimi, ai quali si domandava quindi una diligenza, un'attenzione, una pazienza veramente eroiche. I progressi delle scienze e delle arti fisiche e meccaniche hanno finalmente permesso di affidare questa cura ad apparecchi automatici, la cui costanza ed esattezza non possono più dar luogo a dubbio veruno, siccome quelle che non vanno soggette alla stanchezza, alla noia o alle distrazioni che sono inevitabili quando l'apparecchio registratore è composto di una mano che scrive e di una mente che pensa. Un foglio continuo di carta fotografica, messo in movimento da una corrente elettrica, si svolge lentamente dietro al termometro, al barometro od a qualunque altro strumento destinato ad indicare e misurare fenomeni naturali, ed il quale è illuminato dalla luce di una lampada o di un becco di gaz, e la variabile altezza della colonna di mercurio si dipinge esattamente sulla carta, a misura che questa si va svolgendo. È così che l'ingegno umano ha incaricato una macchina di prendere il ritratto del tempo. Il barometro ed il termometro, per tal guisa trasformati, chiamansi, nell'odierno linguaggio meteorologico, *termografo* e *barografo*. Nello stesso modo vien registrata la quantità d'acqua raccolta durante una pioggia nel serbatoio di un *pluviometro* o di un *ombrometro*, o l'abbassamento del livello in un *atmometro*, che serve ad osservare l'evaporazione. Si sono del pari inventate molte ingegnose disposizioni meccaniche, per ottenere la rappresentazione grafica degli altri fenomeni, dei quali l'atmosfera è la sede: vento, umidità, radiazione solare, magnetismo, e via discorrendo. Per esempio, volendo registrare la dire-

Digitized by Google

zione del vento, si adopera nei grandi osservatorii una semplice girandola, che è in rapporto alternativo con un sistema di quattro generatori elettrici corrispondenti ai quattro punti cardinali. Ognuno dei quattro generatori dirige una matita speciale; quando la girandola volge a tramontana, essa comunica quindi con la matita N.° 1; allorchè gira a levante, con la matita N.° 2 e così via discorrendo; la matita traccia allora una serie di lineette nere, fin tanto che il vento spira in quella data direzione. È questo l'*Anemometro* registratore del Signor Du Moncel. Il Padre Secchi ha combinato insieme, nel suo *Meteorografo*, tutti gli strumenti automatici adoperati negli osservatorii, per modo che un semplice sguardo che si volga sulla tavola delle molteplici curve da essi tracciate, basta ad indicare 1.° i fenomeni che in un dato intervallo di tempo si sono verificati; 2.° la misura delle relative loro quantità; 3.° i loro reciproci rapporti. Il paragone di quelle curve mostra, per esempio, l'influenza che i diversi venti esercitano sulla pressione barometrica, in qual modo lo stato del barometro annunzi la pioggia, come la temperatura varii prima, durante e dopo una data meteora, e mille altre correlazioni di questo genere, le quali una volta esigevano un tempo infinito, ed ora (grazie alla scoperta del dottissimo italiano) possono farsi senza la menoma fatica e, per così dire, ad occhio veggente.

II.

Le intime e costanti relazioni che esistono fra le indicazioni dei diversi strumenti di osservazione meteorologica, la reciproca dipendenza e le scambievoli azioni e reazioni dei fenomeni termometrici, barometrici, magnetici ecc., furono già da me accennate nel corso di queste lezioni, e più di proposito ancora saranno, io spero, dimostrate nei successivi nostri trattenimenti.

Ma fra tutti gli apparecchi dei quali si vale la Meteorologia, nessuno ha forse, a mio credere, una così grande importanza

come il barometro, del cui uso ci occuperemo a lungo nella prossima nostra lezione. Io mi limiterò per ora ad osservare come le indicazioni che il barometro ci fornisce, quando sieno consultate col debito accorgimento ed interpretate col soccorso delle molteplici correzioni che devono apportarvisi, hanno un valore ed un carattere affatto speciale e distinto da quelle che ci vengono date dalla più parte degli altri strumenti, un carattere che rende quell' apparecchio il più importanto ed efficace aiuto della meteorologia e della fisica del globo. — Mentre il termometro non ci fa conoscere che la temperatura dei corpi coi quali è a contatto e, per conseguenza quella della falda aerea che lo circonda; mentre l' igrometro non sa svelarci che il grado di umidità della massa in cui è immerso; mentre, in sostanza, questi apparecchi ci porgono cognizioni del tutto locali, conservandosi perfettamento muti sullo stato delle cose negli altri più lontani luoghi, il barometro invece ci somministra notizie ben altrimenti estese nello spazio e nel tempo. L' altezza della colonna barometrica non dipende già soltanto dallo strato d' aria, nel quale lo strumento è collocato; ma rappresenta la somma delle pressioni di tutti gli strati atmosferici sovrapposti, fino ai limiti estremi dell' atmosfera. — E ciò non è tutto ancora. La pressione totale esercitata dall' aria sulla superficie del globo, è una quantità determinata; il variabile peso del vapore d' acqua, che viene occasionalmente ad aggiungervisi, può solo determinare un cambiamento nel peso dell' atmosfera. Se quest' ultima fosse in riposo, l' altezza barometrica non subirebbe adunque, in un dato luogo, se non oscillazioni lentissime e di tenuissima amplitudine. Perciò quando quest' altezza varia in una determinata parte del globo, noi possiamo con sicurezza inferirne che ha variato del pari, ma in senso diverso od opposto, in altra parte: allorchè il barometro sale al di là di un certo limite (del quale parleremo nella ventura lezione), noi siamo autorizzati a concluderne che in altri luoghi esso ribassa o che l' equilibrio è turbato. Il barometro è così una specie di bilancia, destinata a pesare la somma delle pressioni degli strati

sovrapposti. Ma esso è inoltre un dinamometro o un manometro, destinato a misurare la forza delle variabili pressioni che turbano l' equilibrio dell' atmosfera.

Ogni variazione nello stato del barometro oltre al manifestarci la condizione attuale dell' atmosfera in un dato luogo, ci porge adunque due altri ben più importanti elementi di cognizioni, cioè: 1.° *nell' ordine dello spazio*, esso è un messaggero che ci annunzia lo stato dell' atmosfera in luoghi lontani da quello che occupiamo; 2.° *nell' ordine del tempo*, è un foriero, che ci predice i futuri cambiamenti che le attuali oscillazioni atmosferiche devono determinare.

Egli è forse considerando queste singolari proprietà del barometro, che molti, specialmente in questi ultimi tempi, concepirono la speranza di poter prevedere con sicurezza le vicende anche lontane dell' atmosfera e del tempo. E questa idea è così seducente, sono tanti e così evidenti i vantaggi che ritrar ne potrebbero l' agricoltura, la navigazione e (più generalmente) tutte le funzioni della vita civile, che non è punto da recar meraviglia se l' uomo di tutti i secoli e di tutti i paesi si è avidamente appigliato a questa idea ed ha carezzato questa lusinghiera speranza. — Io non esito però un istante a dichiarare che la esagerata fiducia che alcuni entusiasti hanno riposta nella prevedibilità dei fenomeni atmosferici, fiducia della quale profittarono pur troppo sovente certi fabbricatori di almanacchi e cerretani, coi quali la vera scienza nulla ha che fare, ha piuttosto nocinto che giovato, specialmente in questi ultimi anni, ai progressi della meteorologia; la quale, correndo in traccia di prodigi che alla limitata potenza umana non è dato punto di compiere, almeno nello stato attuale delle nostre cognizioni, si è troppo sovente allontanata da quella più modesta ma più sicura e più utile sfera di studi e di osservazioni, che gli uomini di genio, ai quali essa deve la sua origine ed i suoi progressi, le avevano assegnato.

Siccome però, per ispiegare ciò che alla scienza possiamo veramente domandare, è mestieri conoscere i limiti al di là dei quali

è vano interrogarla, io credo che i miei Uditori mi permetteranno che, prima di proseguire l'esposizione della teoria delle pressioni barometriche, specialmente in quanto essa si riferisce alla ricerca delle leggi delle tempeste, io mi arresti brevemente su questa tanto dibattuta e tanto contrastata tesi della *Previsione del tempo*.

III.

L'influenza delle meteore sul buon andamento dei lavori agricoli, sulle spedizioni navali, sulla salute e sulla vita dell'uomo, è troppo grande, perchè gli uomini non fossero, fin dalle origini, disposti a tributare la loro venerazione ed il loro culto alle intelligenze, che a torto od a ragione essi credevano privilegiato della facoltà di predire le opportunità favorevoli ed i flagelli pericolosi che potevano derivarne. I primi sacerdoti, i primi legislatori furono eziandio i primi meteorologi, nel senso che, valendosi della conoscenza di alcuni fenomeni della natura e della infinita credulità del volgo, si fecero della loro supposta potenza profetica sgabello alla più formidabile e sovratutto più proficua potenza politica, dominando dall'alto del trono e dell'altare le curve moltitudini. Fu un gran tratto d'indipendenza e fors'anco di coraggio quello di Cicerone, quando osò scrivere nella sua *Natura Deorum*, ch'ei si meravigliava come due aruspici potessero senza ridere salutarsi per via.

I frammenti primitivi attribuiti ad Orfeo, l'Odissea di Omero, i Lavori ed i Giorni di Esiodo, le Giorgiche di Virgilio, e sovratutti la Natura delle Cose di Lucrezio, ci hanno tramandato la memoria degli insegnamenti che, misti a strane superstizioni, avevano, in quest'ordine di fenomeni, raccolto gli antichissimi osservatori.

Io non riferirò certamente qui per disteso tutti gli empirici aforismi, nè tutte le ipotetiche teorie, che furono ad ora ad ora l'oggetto delle cieche credenze o del non sempre giustificato disprezzo

dei dotti o dei non dotti. Non mi fermerò quindi sul consiglio che diede Democrito al suo fratello Damaso di mettere al coperto il mietuto frumento, che sarebbe danneggiato dalla vaticinata pioggia, che avvenne; nè sul reale merito di Pitagora, creduto divino, per aver predetto il futuro terremoto dal sapore particolare dell'acqua di un pozzo; nè sugli indizi che, secondo Virgilio, possono ritrarsi di prossimo temporale dal gracidar delle rane e dall'uscir delle formiche con le loro uova dal proprio nascondiglio; nè sovra altri pronostici, che la tradizione attribuisce a filosofi o a santi delle età che passarono.

Ricorderò bensì l'influenza che in tutti i tempi ed in tutti i paesi si è accordata alla luna sopra i fenomeni meteorologici non solo, ma sopra ogni maniera di cose terrene. Coloro fra loro Signori che hanno letto la stupenda dissertazione, che intorno a questo argomento pubblicava l'illustre Arago nell'*Annuario dell' Ufficio delle Longitudini* per gli anni 1832 e 33, rammenteranno che alla povera luna si addossarono le più singolari risponsabilità, facendola autrice di una folla di beni e dispensatrice di una moltitudine di mali, dei quali il *tranquillo astro d'argento* è, giusta ogni probabilità, affatto innocente. Si è, a dir vero, con accurate esperienze riconosciuto che l'attrazione della luna, la quale insieme con quella del sole produce le maree sull'Oceano, determina eziandio vere maree dell'atmosfera, ed esercita sulle pioggie e sulla direzione del vento un influsso, che non può ragionevolmente revocarsi in dubbio; ma egli è in verità troppo difficile isolare questo influsso dalle cagioni secondarie ed accidentali che vengono a complicarvisi, perchè sia dato fondare sovr'esso con qualche probabilità una teoria delle variazioni periodiche del tempo, corrispondenti alle diverse fasi della luna.

Fra tutti i corpi celesti, la luna è quello, senza dubbio, del quale siasi maggiormente occupata l'immaginazione del volgo e la mente indagatrice dei dotti. La sua prossimità alla terra, le sue fasi, i suoi eclissi, la luce benefica con la quale illumina le notti silenziose di Vesta le fecero attribuire da tempo immemo-

rabile una influenza, non solo sopra i fenomeni fisici del globo, ma eziandio sulle funzioni degli esseri animati e sui destini persino del genere umano e degli individui ond' esso si compone, che non ha pari nella storia del mondo astronomico.

Alla luna fu attribuita una diretta azione sulla vegetazione, sicchè le leggi forestali di molti paesi vietarono di atterrare gli alberi prima che la luna non sia entrata nel suo periodo decrescente. — Toaldo affermava che il vino fatto in due lune non è mai di buona qualità e presto inacidisce; — la luce di luna fu accusata di annerire la pelle del viso umano, di favorire la putrefazione delle sostanze organiche, di promuovere le alienazioni mentali (d' onde la denominazione di *lunatici*, rimasta a coloro che hanno più o meno interamente perduto il bene dell' intelletto). — Una azione più direttamente meteorologica si è voluta assegnare alle fasi lunari sulla quantità di pioggia e sulla serenità dell' atmosfera. Osservando, nel corso di 16 anni, 198 rivoluzioni sinodiche, il tedesco Schübler formò la tavola, che ho qui riprodotta, della quale si comprenderà agevolmente il significato, se dirò che furono considerati come giorni sereni tutti quelli nei quali il cielo era senza nubi a 7 ore mattutine, a 2 e a 9 ore pomeridiane, e come giorni nubilosi quelli nei quali non vi era sereno alle ore sovra indicate:

EPOCHE	N.° di giorni sereni in 16 anni.	N.° di giorni nubilosi in 16 anni.	Quantità di pioggia in millimetri.
Luna Nuova . . .	31	64	674
Primo quarto . . .	38	57	625
Secondo ottante . .	25	65	679
Luna piena. . . .	26	61	625
Ultimo quarto. . .	41	53	496

D' onde si vede: 1.° che i giorni sereni sono di molto più frequenti nell' ultimo quarto; 2.° che si è verso il secondo ottante, che giungono più numerosi i giorni nubilosi e coperti.

Rispetto alla quantità effettiva di pioggia caduta, l'osservatore Pilgram riconobbe a Vienna che, sopra 100 osservazioni della medesima fase, vi erano

Nella Nuova Luna	26	cadute di pioggia
Nelle Medie dei due quarti .	25	»
Nella Luna Piena	29	»

ma Poitevin trovava invece, a Montpellier, che

Nelle Lune Nuove si aveva	1	giorno di pioggia su	4
Nei primi quarti	»	1	»	7
Nelle Lune Piene	»	1	»	5
Negli ultimi quarti	»	2	»	4

E poichè parliamo qui delle influenze selenitiche sulla terrestre Meteorologia, giudichiamo opportuno di ricordare ancora una osservazione, della quale assai frequente è cenno negli autori di questa scienza. È noto agli Astronomi che, dopo un periodo di 235 fasi lunari, le quali corrispondono a 19 anni civili circa, il sole, la luna e la terra si ritrovano quasi esattamente nelle stesse situazioni reciproche, in quanto alle fasi. Per predirle, gli Antichi si servivano con vantaggio del famoso ciclo di Metone, ch'essi chiamavano ancora *Numero d'Oro*. — Possiamo or noi egualmente far uso del ciclo lunare, per assegnare, senz'altro calcolo, l'altezza delle maree e (ciò che più monta nella quistione meteorologica che stiamo ora studiando) il ritorno degli stessi fenomeni atmosferici ed igrometrici, dopo averne tenuto una nota esatta durante diciannovo anni consecutivi? Arago si dichiara assolutamente per la negativa. Egli fa osservare come sia vero bensì che, in due periodi di 19 anni, il sole e la luna si trovino, alle stesse date, in somiglianti condizioni angolari; ma come la stessa oguaglianza non si verifichi quanto alla distanza rettilinea da questi astri alla terra. Ora, ciò basta al certo perchè l'osservazione (e sia pure accuratissima) dei fenomeni di uno dei mentovati periodi non basti punto a far pregiudicare la similitudine con quelli dei periodi susseguenti.

Digitized by Google

Le stagioni si riproducono esse, dopo ogni periodo di 19 anni, in un ordine regolare, e con la serie medesima di fenomeni atmosferici? Arago riconosce che cotesto *ciclo lunare* può essere con qualche plausibilità consultato dai meteorologi. Sembra anzi che gli anni 1701, 1720, 1739 e 1758, separati gli uni dagli altri da altrettanti intervalli di 19 anni, abbiano tutti presentato, nei corrispondenti mesi, *gli stessi eccessi di siccità e di umidità.* Ma finora questo genere di osservazioni statistiche è troppo imperfetto, perchè sia dato all' uomo di scienza di riporre ne' loro insegnamenti una seria e sovratutto illimitata fiducia.

Nè guari più attendibili sono i dati che si è da taluni preteso di dedurre dalle osservazioni sul periodo di 9 anni, trascorso il quale le piene e le nuove lune si ripresentano con le stesse condizioni di distanza del nostro satellite dalla Terra.

Alcuni autori hanno emesso le più singolari opinioni a riguardo dell' *Anno Magno*, di cui si parla per la prima volta in Esiodo, e poi in Platone ed in Aristotele. Questo Anno, che lo Stagirita chiama *Supremo*, è quello in cui il sole, la luna e le cinque maggiori stelle del firmamento si ritrovano rispettivamente nella identica posizione; l' inverno di quell' anno deve dare un diluvio; l' estate, un incendio! Secondo Aristarco, questa rivoluzione periodica dovrebbe comporsi di 2,484 anni solari; ma Eraclito lo fa consistere di 10,000, Cicerone di 15,000, altri di 3,600,000, altri di più lunga durata. Per quanto ipotetiche, queste singolari speculazioni non meritano assolutamente il disprezzo col quale certuni affettano di trattarle; e nella mia lezione XXIV, allorquando parlerò dei *periodi di restituzione* o dei *diluvi periodici*, proverò (io spero) come la moderna e positiva scienza, rinnovando del resto un concetto degli antichi Astronomi Caldei, abbia sopra somiglianti concetti edificato un sistema, il quale, se è lungi dal potersi dire appodittìcamente dimostrato, è però degno di tutta la più seria attenzione del filosofo.

Ma altra cosa sono le speculazioni del filosofo, ed altra le osservazioni del meteorologo; e, disposti, come siamo, a concedere

al primo una sfera ampia quanto l' infinito, altrettanto ci sembra giusto esigere dal secondo che sappia (come diceva Wolfgang Goethe) *trovare i suoi limiti*. E questo divagazioni sulle supposto influenze lunari (ch' io ho voluto accennare solo perchè bramo far quanto è possibile completa la esposiziono delle questioni che hanno occupato la scienza della terra) non rivestono agli occhi nostri, alcun positivo nè assolnto valore.

Lo stesso dicasi, o Signori, delle induzioni meteorologiche cho possono ritrarsi dalle pioggio di pietre meteoriche, dalle caduto dello stelle filanti e degli areoliti, di cui ci occuperemo di proposito nella nostra XXII^a Lezione. I fatti raccolti dal paziontissimo Sig. Coulvior-Gravier e da altri osservatori sulle stelle cadenti e sopratutto sulle due periodiche loro apparizioni annuali dell' agosto e del novembre, permetterebbero (secondo il citato meteorologo francese) di annunziaro lo variazioni del tempo. Io riserbo, o Signori, alla succitata lezione il bell' argomento delle stelle cadenti e delle importanti scoperte che sono state fatte in questo campo astronomico insieme e meteorologico. Limitandomi per ora a considerarlo nelle relazioni che vi si vollero scopriro col soggetto che stiamo trattando della previsione del tempo, dirò che, per qnanto i fatti raccolti dagli osservatori siano sopramodo notevoli e degni di serio esame, sono pur tuttavolta lontani ancora del poter fornire una baso sicura ai pronostici delle vicende atmosferiche.

Più ipotetico ancora è il carattore che rivestono certe teorie venuto in gran moda in questi ultimi anni, gli autori delle quali pretenderebbero di poter non solo predire, a distanza di giorni o di settimane, le pioggie, i gradi di calore o di freddo e le altre perturbazioni meteorologiche, ma di riuscire eziandio a profetare per anni ed anni ed anzi per secoli e per cicli di lunghissima durata i fenomeni tutti dei quali l' atmosfora sarà il teatro. L' Abate Toaldo di Padova, dopo aver posto a confronto le vicende delle moteore osservato per anni settantadue nel proprio paese con quello che altri fisici avevano speculate non solo in

Europa, ma nella Cina, nel Canadà, al Polo Australe ed in altre parti della terra, credette di trovare una corrispondenza quasi costante tra le alterazioni ed i punti osservabili del corso lunare. Ma i risultamenti di queste supposte profezie, e quelli che possono altresì leggersi in alcune dotte memorie del Sig. Prof. Abate Zantedeschi, ben lungi dall' accrescere la nostra fede nella potenza previsiva dell' uomo a lunghi periodi, tendono a confermare le delusioni alle quali ci aveva abituato il troppo famoso Mathieu de la Dròme. In una ragguardevole Memoria *sulla Periodicità dei grandi inverni*, uno scienziato francese, il Sig. Renou, ha esposto un sistema di induzioni, col quale ei si crede autorizzato a predire, a grandi intervalli, il ritorno de' freddi eccezionali. Ma, per quanto le considerazioni di questo erudito fisico non siano punto da confondersi con le esagerate e gratuite ipotesi dei novelli Nostradamus, fa d' uopo confessare però che non hanno, e di gran lunga, raggiunto finora quel grado di positiva e sperimentale certezza, che il cauto o prudente criterio della moderna scienza richiede.

IV.

Ma dovremo noi dunque assolutamente rinunziare alla speranza di prevedere le vicende atmosferiche? — Signori! Io non pretendo di pronunciare questo *veto*, nè di scrivere questo *non plus ultra* sui confini dell' umano sapere; e per quanto la molteplice complicazione dei dati e degli elementi che insieme concorrono a costitnire i fenomeni meteorologici, renda infinitamente più difficile la loro predizione che quella dei fenomeni astronomici, per quanto la meccanica dell' atmosfera sia incomparabilmente più svariata e più complessa della semplicissima meccanica dei cieli, ho pur tuttavia troppo rispetto per l' umano sapere, per reputare impossibile che i suoi perseveranti sforzi abbiano un giorno a riuscire a spargere qualche lume sulle leggi, che certamente esi-

Digitized by Google

stono, dalle quali quest'ordine di fatti è, anche a grandi e lunghi periodi, dominato. Il Calcolo delle probabilità, che ci ha dato tante utili applicazioni, ci riserba forse i suoi più splendidi insegnamenti in questo ramo appunto delle scienze naturali.

Ma, senza spingere per ora in quei remoti orizzonti i nostri sguardi, dirò che, anche nello stato attuale della scienza, le dotte e pazienti fatiche degli osservatori furono già coronate di qualche nobile ed utile frutto. La previsione del tempo *a breve scadenza* (come argutamente la chiama il Sig. Marié-Davy), cioè a dire l'indicazione dei cambiamenti renduti probabili nello stato del cielo e dei venti, dallo stato presente dell'atmosfera, è un problema relativamente agevole a risolversi in certe determinate regioni del globo.

Nelle contrade intertropicali, le grandi alterazioni atmosferiche si riproducono ad epoche quasi fisse e vi sono regolarmente precedute da notevoli e sensibilissime modificazioni nell'aspetto del cielo e nell'andamento degli apparati di osservazione. Nulla di più facile che predire con grande approssimazione l'epoca delle pioggie periodiche in Abissinia e nell'Indo-Cina, o quella delle escrescenze del Nilo in Egitto, o il ritorno dei Monsoni nel Mar Rosso o nell'Oceano Indiano. Andiamo anche più in là: nulla di più ovvio che dedurre da un abbassamento del barometro, o, meglio, da una serie di rapide e violente oscillazioni della colonna barometrica, l'appressarsi di un tifone o di un uragano.

Più complesso assai è il problema nelle nostre regioni temperate, ove il cielo varia senza posa. Quivi tutti i dati, tutti i segni devono essere consultati e presi in considerazione, perchè tutti possono esercitare una influenza, a vicenda decisiva o secondaria, sui giornalieri fenomeni.

Quali sono questi segni? Qual'è la loro gerarchia? Con quali cautele fa d'uopo esaminarli, misurarli, compararli fra loro? — Voi comprendete, senza dubbio, o Signori, che nei limiti che il mio Corso mi assegna, non mi è possibile il dare a siffatte domande una compiuta ed adeguata risposta. Rimandandovi quindi alle

opere speciali, che trattano di proposito l'argomento, e fra le quali vi consiglierò in modo particolare il *Weather Book* (Libro del Tempo) del Contrammiraglio Fitz-Roy, un notevole articolo di Castellani nel Vol. XII della *Bibliothèque universelle de Génève*, il *Cours d'Agriculture* di Gasparin, il bellissimo trattato di *Meteorologia* di Marié-Davy, mi contenterò di qui epilogarvi in riassunto alcune delle più importanti indicazioni che desumo da queste opere, coll'intento piuttosto di mostrarvene lo spirito, anzichè di trattare *ex-professo* la questione.

V.

E dapprima le indicazioni termometriche. — Nonostanti le molte cause generali o locali che possono rendere equivoco il suo linguaggio, il termometro può ciononpertanto fornire utili notizie, massime quando queste vengano confermate da quelle del barometro, dell'igrometro e del psicrometro.

Allorchè, in inverno, il termometro scende rapidamente di 4 o 5 gradi al di sotto del punto indicato il giorno precedente alla stess'ora, puossi presumere che il vento sta per volgersi dal S. O. della Rosa verso il N. E. Una elevazione sensibile nella temperatura minima è, secondo Castellani, un indizio quasi certo di pioggia vicina.

Quando il termometro si alza, nel mentre stesso che il barometro ribassa e l'igrometro si accosta al massimo dell'umidità, grandi sono le probabilità di prossima pioggia; nell'atto che il ribasso del barometro avvenuto mentre l'igrometro va verso il secco ed il termometro si mantiene in istato normale, può benissimo essere accompagnato da una prolungazione del bel tempo.

Ma le indicazioni del termometro, del barometro e dell'igrometro, hanno bisogno di venir comparate a quelle dello stato del cielo e dei venti. A tale riguardo, ogni paese e quasi ogni villaggio ha i suoi adagi popolari, i suoi mezzi di osservazione

locale, trasmessi per tradizione orale di secolo in secolo. Ma la scienza non si appaga di qnesti grossolani criteri, e domanda agli anemometri, agli ombrometri e ad altri delicati strumenti i loro consigli.

Egli è sulla conoscenza sperimentale delle direzioni e delle rotazioni seguite abitualmente dai venti, che sono fondate lo istruzioni che di osservatorio in osservatorio, di porto a porto si trasmettono le une alle altre le nazioni civili. Nello stato normale dell'atmosfera, ed astrazion fatta dagli accidenti che vi si producono per caso fortuito ma assai frequente, una grande corrente aerea attraversa l'Atlantico boreale nel senso generale da Ponente verso Levante, raggiunge le coste occidentali d'Europa all'altezza media delle Isole Britanniche, poscia s'inclina gradatamento verso il Sud-Est ed il Sud, a misura ch'essa va penetrando più innanzi nel continente. Conoscendo questa generica direziono della maggiore corrento europea, come pure conoscendo le vio percorse da altre correnti minori, è possibile (mercè del telegrafo), avvertire, di mano in mano, i paesi sui quali una meteora, entrata nel dominio di quella corrente medesima, probabilmente passerà e l'epoca approssimativa in cui il suo passaggio dovrà effettuarsi. È qnesto il prezioso ufficio che è in oggi affidato ai servizi semaforici, i quali senza aspirare, nel senso rigoroso della parola, a predire il tempo, hanno però già a quest'ora recato importantissimi benefici alla navigazione ed alle amministrazioni degli stati civili dell'Europa.

Così, per esempio, limitandoci al nostro proprio paese, noi sappiamo oramai quali sono d'ordinario le vio sulle quali vengono a visitarci le più formidabili procelle. Il più delle volte esse non arrivano insino a noi, se non se dopo aver percorso l'Inghilterra, la Francia, la Germania; talora, ma meno frequentemente, ci sono mandate di rimbalzo dalla Spagna e dalla costa d'Africa. Nel grande bacino compreso tra la penisola Iberica, la Francia e l'Italia, il solo golfo Lione è accessibile ai venti di N. O. Il golfo di Genova è riparato da essi mercè dei contrafforti delle Alpi Marittime.

Digitized by Google

Or bene, ecco ciò che assai spesso accade, in virtù di questa circostanza, nel Mare di Liguria. Quando il maestrale imperversa nel golfo Lione, il vento soffia da Levante sui nostri lidi, producendo un effetto simile a quello che osserviamo in una peschiera, quando una rapida corrente di acqua vi penetra da una parte laterale: tutta la massa dell'acqua si mette a girare sotto l'impulso di questa corrente, sicchè guardando dalla parte opposta a quella verso cui la corrente è diretta, si osserva un movimento di ritorno in senso contrario. Così, del pari, il maestrale che entra nel golfo di Genova a ponente-mezzogiorno del Capo delle Mele, vi provoca un movimento rotatorio che produce in fondo al golfo una bufera di levante.

Maggiori o più particolareggiate illustrazioni di questo grande problema della Previsione Meteorologica, mi propongo di dare nelle prossime Lezioni, nelle quali tratterò di proposito gli argomenti svariati ed interessantissimi che si riferiscono alle meteore aeree, acquee ed elettriche, e sovratutto al Magnetismo terrestre, del quale a lungo ci occuperemo nella nostra XX^a^ Lezione.

Ma io debbo qui ricordarmi che non eravamo entrati in questa digressione intorno ai pronostici meteorologici, se non per l'occasione che ce ne veniva fornita dalle indicazioni barometriche, delle quali aveva cominciato a tenere discorso. Egli è tempo adunque che noi facciamo ritorno ai principii a cui s'informa l'uso del più prezioso ed efficace strumento delle osservazioni meteorologiche, quale è appunto incontrastabilmente il barometro; delle cui indicazioni la scienza e la navigazione si giovano non solo per la previsione delle ordinarie meteore, ma ben anco per la scoperta di quelle Leggi delle Tempeste, di cui nella precedente nostra Conferenza io vi annunziava la esposizione, ed alle quali le due seguenti Lezioni saranno appunto consacrate.

LEZIONE XVI.

Pressioni Barometriche e Leggi delle Tempeste

SOMMARIO.

Importanza della Barometria. — Sue relazioni con la Termometria. — Le onde atmosferiche e leggi di Quetelet. — Leggi di Kaemtz sulle medie pressioni. — Oscillazioni annue e mensili del Barometro. — Oscillazioni orarie. — Loro cagioni. — Esposizione grafica. — Influenza delle pressioni barometriche sul mondo vivente e sulla umana economia. — Le perturbazioni atmosferiche. — Le tempeste a tipo rotatorio. — Teoria e leggi dei Cicloni. — Le Manovre di una nave, per guadagnare il lato domabile di un Ciclone.

I.

Signori,

Dopo i fenomeni relativi alla Temperatura, i quali sono, senza contrasto, i più importanti della Meteorologia e quelli che esercitano sulla Fisica del Globo l'influenza più universale e più profonda, come sono quelli altresì che più direttamente contribuiscono a quelle Correnti atmosferiche ed a quelli spostamenti delle masse aeree, che noi abbiamo lungamente studiato e descritto, i primi che si presentano all'attensione dello scienziato sono i fenomeni riguardanti le pressioni atmosferiche, i quali, d'altronde, sono dai più intimi nessi collegati con quelli della tem-

peratura. Io credo di non andare punto errato esprimendo la speranza, dirò anzi la certezza, che il giorno non sia molto lontano in cui la scienza potrà rappresentare le relazioni che esistono fra le linee isotermiche e quelle delle onde di eguale pressione non solo, ma eziandio le linee isogoniche, isocliniche ed isodinamiche pel magnetismo, e le linee di tensione elettrica, con una sicurezza non minore di quella, con la quale essa ha già potuto tracciare il cammino che siegnono, nei loro regolari movimenti, le masse atmosferiche. E si vedrà allora (io oso affermarlo) la più evidente conferma di quel grande e fecondo principio della Unità essenziale delle forze fisiche, sotto il benefico influsso del quale si va oggi, sotto i nostri occhi, rapidamente e luminosamente trasformando tutto il maestoso edificio della Filosofia naturale: si vedrà cioè che, data l'azione calorifica del Sole, sono dati perciò stesso tutti i fenomeni termometrici, barometrici, igrometrici, elettromagnetici e luminosi, dei quali la nostra atmosfera è il teatro; si vedrà infine che il calore è veramente l'anima dell'Universo.

Chiunque abbia per qualche tempo osservato le variazioni indicate dalla colonna barometrica, non ha tardato di certo ad avvedersi che la pressione atmosferica subisce continue modificazioni, per le quali dobbiam dire che l'Oceano aereo non è, punto meno del liquido, incessantemente dominato da quel principio del Moto, che è la legge suprema di tutto il Cosmo.

Di più, l'attento osservatore non indugia gran fatto a riconoscere che queste ondulazioni e correnti atmosferiche, del pari che le oceaniche, obbediscono a certe regolari vicende, alcune delle quali noi abbiamo già indicate nelle precedenti lezioni, ed altre più importanti ancora stiamo per esporre al presente.

Ad intervalli più o meno lontani, la pressione atmosferica giunge, dopo una serie di variabili oscillazioni, ad uno stato *massimo*, per passare quindi ad uno stato *minimo*.

L'esperienza c'insegna inoltre che queste pressioni massime e minime non si manifestano già soltanto in un dato luogo, ma in generale, osservansi in un medesimo tempo, sopra una serie

di punti legati fra loro da una legge di continuità e formanti così, sulla superficie della terra, linee più o meno estese.

Queste linee non sono punto immobili, ma si spostano giusta direzioni e con velocità assegnabili. Da ciò il Quetelet, pel primo, ha desunto, per analogia con quanto accade sui mari, il nome di *onda atmosferica*, dato all' intervallo che separa due linee di pressione minima. La *cresta dell' onda* è quindi la linea della pressione massima.

Non bisogna confondere coteste onde segnalate dal barometro, con le *correnti atmosferiche* manifestate dall' anemometro e dalle direzioni dei venti. Le correnti possono bensì e sono diffatto determinate e modificate continuamente dalle onde; ma queste ultime esistono indipendentemente dalle prime.

Per formarsi una giusta ed esatta idea del sistema delle ondulazioni barometriche, fa innanzitutto mestieri di conoscere quale sia lo stato normale delle pressioni nei differenti e più notabili punti della terra.

Fu per lungo tempo opinione tra i Fisici che l' altezza media del barometro al livello del mare fosse uniforme in tutte le parti del globo, perchè (dicevasi) le condizioni di equilibrio dell' Oceano aereo non permettono di ammettere ineguaglianza di pressioni nelle diverse latitudini. Al solito di tutte le opinioni fondate sopra dati *a priori*, questa ancora doveva essere smentita dall' esperienza, massimamente dopo che i memorandi lavori di Maury hanno dato novello ed energico impulso allo spirito di osservazione in questa parte della Meteorologia.

Il Sig. Kaemtz riassume nel modo seguente i risultamenti che si sono ottenuti:

1.° La pressione media alla superficie dei mari, considerati nel loro complesso, è di $761^{m.m.}$, 65.

2.° All' equatore, essa non è più che di 758 millimetri;

3.° Dal 10° di latitudine boreale, la pressione aumenta, e fra il 30° ed il 40° paralleli, raggiunge il suo limite massimo, alzandovisi a 762 o 764 millimetri.

4.° Dal 40° fino al 50° parallelo non è più che di 760 millimetri. — Nelle regioni più boreali ancora, essa discende a 756 millimetri circa.

Ecco ora una figura, nella quale il Sig. Mariè-Davy ha disegnate, dietro le osservazioni dell' Istituto Meteorologico di Utrecht, le

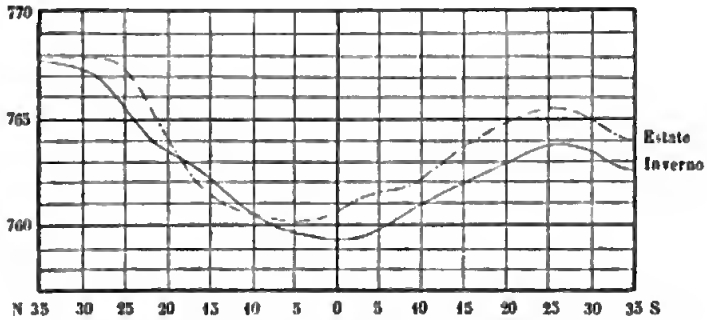


Fig. 28. — Variazioni medie del Barometro sulla superficie dell' Atlantico.

curve delle variazioni medie del barometro sulla superficie dell' Atlantico, fra i gradi 35.^{mi} di latitudine in ambi gli emisferi e nelle due estreme stagioni, estate ed inverno. La linea verticale segnata O corrisponde all' equatore; quelle a destra ed a sinistra di lei indicano i gradi di latitudine crescenti di 5 in 5. — Le variazioni della pressione sull' Atlantico sono più accentuate ancora di quelle formolate in modo generale dal Sig. Kaemtz. Il limite minimo di pressione cade in inverno sull' equatore; in estate rimonta verso 5 gradi a Nord, spostamento conforme al movimento delle temperature massime, come può vedersi dalla nostra tavola delle linee isoteriche. L'altezza media del barometro cresce rapidamente, sovratutto in estate, a misura che ci allontaniamo dall' equatore, procedendo verso tramontana: fra i gradi 25 e 35, essa raggiunge quasi 767 millimetri 5, o 768 millimetri. Nell' emisfero australe, la massima pressione varia da 763 millimetri 8 in inverno, a 765 millimetri 4 in estate. Debbo osservare però che le stagioni, nell' emisfero australe essendo capovolte, si è in

realtà durante l' inverno (corrispondente alla nostra estate) che il massimo barometrico medio vi si produce.

Le medie pressioni barometriche indicate nella surriferita figura sono perfettamente d' accordo con le leggi della circolazione atmosferica, da me esposte nelle Lezioni consacrate alla teoria dei venti costanti.

Infatti, la minima pressione deve verificarsi all' equatore, dove è massima la dilatazione e la rarefazione dell' aria e d' onde s' innalza la colonna ascendente, che richiama la doppia corrente degli Alisei. Ivi si trova l' aria più calda, più carica di vapore acqueo e, per conseguenza, più leggiera a volume eguale.

Verso il 25° o 30° grado di latitudine Nord e Sud, ai limiti degli Alisei, noi ci imbattiamo in condizioni affatto opposte a quelle che abbiamo incontrate nella regione equatoriale. L' aria, invece di sollevarsi dalla superficie scaldata dei mari verso le alte regioni, segue una progressione inversa. Le due falde orizzontali provenienti dalla divisione della colonna ascendente giunta ad una certa altezza, si raffreddano gradatamente e si inflettono quindi a poco a poco verso il mare, a misura ch' elle si allontanano dall' equatore, fino al momento in cui si precipitano alla superficie, ove alimentano gli Alisei. Una temperatura più bassa, un grado di umidità meno alto, una velocità quasi verticale, che viene ad urtare la superficie del globo, tali sono le cause naturali del massimo di pressione barometrica che osservasi in quelle latitudini. L' aria non vi gravita soltanto col suo peso (insufficiente davvero a spiegare pressioni di 768 millimetri), ma eziandio con la sua velocità.

Procedendo ancora più verso i poli, l' aria si va man mano raffreddando e si satura più rapidamente di vapore d'acqua, tolto al mare. Benchè sembri più carica di umidità che nelle regioni tropicali, ne contiene realmente assai meno, perchè l' aria fredda ha una attitudine minore della calda a dissolvere il vapore acqueo. Tuttavia, le subite condensazioni effettuate a frequenti intervalli nelle latitudini temperate e nelle più alte, privano rapidamente

l'aria di una forte proporzione del suo vapore, e diminuendo subitamente la tensione, determinano i repentini ribassi di pressione.

Nell'emisfero australe, le variazioni barometriche alle diverse latitudini, sono analoghe a quelle dell'emisfero boreale, con piccole differenze, che è inutile allo scopo nostro lo indicare.

II.

Volendo esprimere con una formola generale la legge delle fluttuazioni del barometro nelle varie stagioni, noi diremo che la pressione atmosferica nell'emisfero Nord aumenta in inverno e

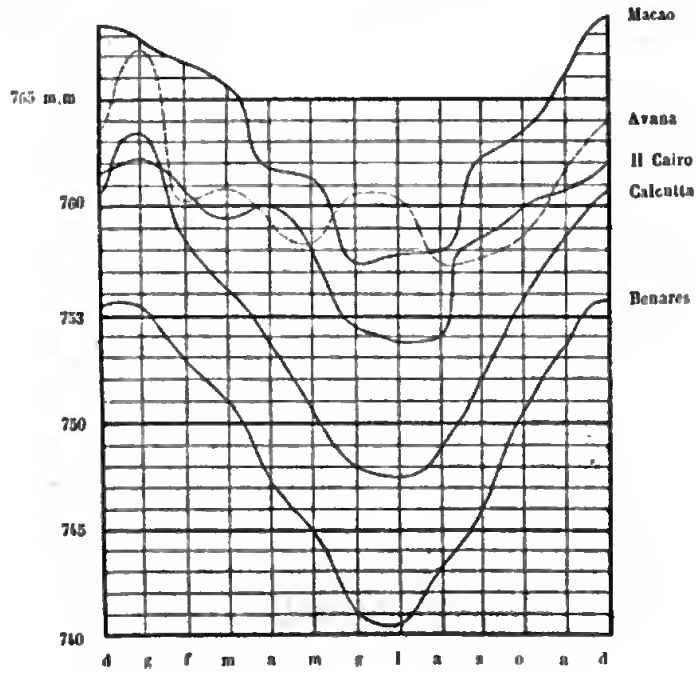


Fig. 29. — Variazioni mensili del Barometro nelle regioni calde.

diminuisce in estate; la reciproca ha luogo nell'emisfero Sud, dove le stagioni sono capovolte.

Questa legge generale però subisce numerosissime modificazioni, a seconda delle variabili influenze di latitudine e di disposizione orografica ed idrografica dei differenti luoghi. Poco sensibili nelle regioni equatoriali dei due Oceani, ove regnano i venti regolari, esse lo sono ben più nelle contrade temperate e sui continenti, ove impera il predominio delle cause variabili e perturbatrici. Nella Guadalupa, secondo le accurate osservazioni del Sig. Carlo Sainte-Claire Deville, e nella catena settentrionale delle piccole Antille, l'oscillazione è compresa fra 760$^{m.m.}$, 6 (ottobre) e 763$^{m.m.}$, 7 (marzo). Ma sui continenti, anche a parità di latitudine, troviamo già l'impero delle molteplici cause perturbatrici. In India, per esempio, a Benares ed a Calcutta, l'oscillazione della colonna mercuriale è già di circa 16 millimetri da luglio a gennaio, come apparisce dalla figura 29, in cui ciascuna linea verticale corrisponde ad uno dei mesi dell'anno.

A Macao ed al Cairo, città le cui condizioni climatologiche differiscono da quelle dell'India, l'oscillazione del barometro si fa molto più debole. Minore è ancora alla Avana. Nei nostri climi

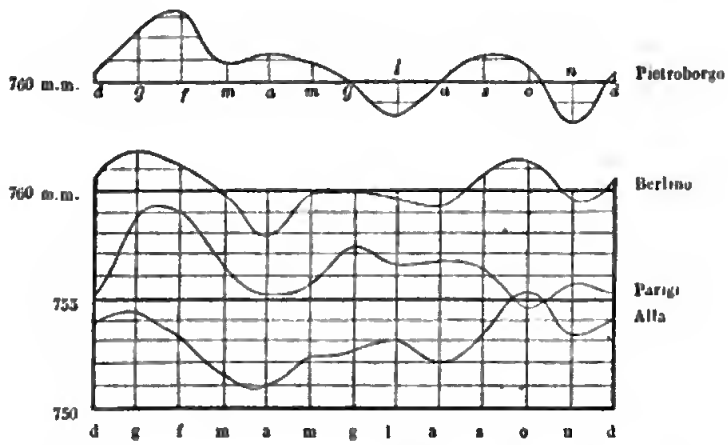


Fig. 30. — Variazioni mensili del Barometro nelle regioni temperate e fredde.

essa diventa molto più irregolare, come ci additano le figure suindicate.

Come bene osserva il Sig. Mariè-Davy, ciascuna delle inflessioni presentate da quelle curve ha la sna ragione di essere nelle circostanze locali. Il forte ribasso osservato in estate nelle città vicine ai mari dell'India, è dovnto allo stabilimento dei Monsoni di S. O. ed all'arrivo delle grandi pioggie, che li accompagnano, pioggie delle quali noi ci occuperemo di proposito in altre prossime lezioni *(V. Lez. XVII^a e XVIII^a)*.

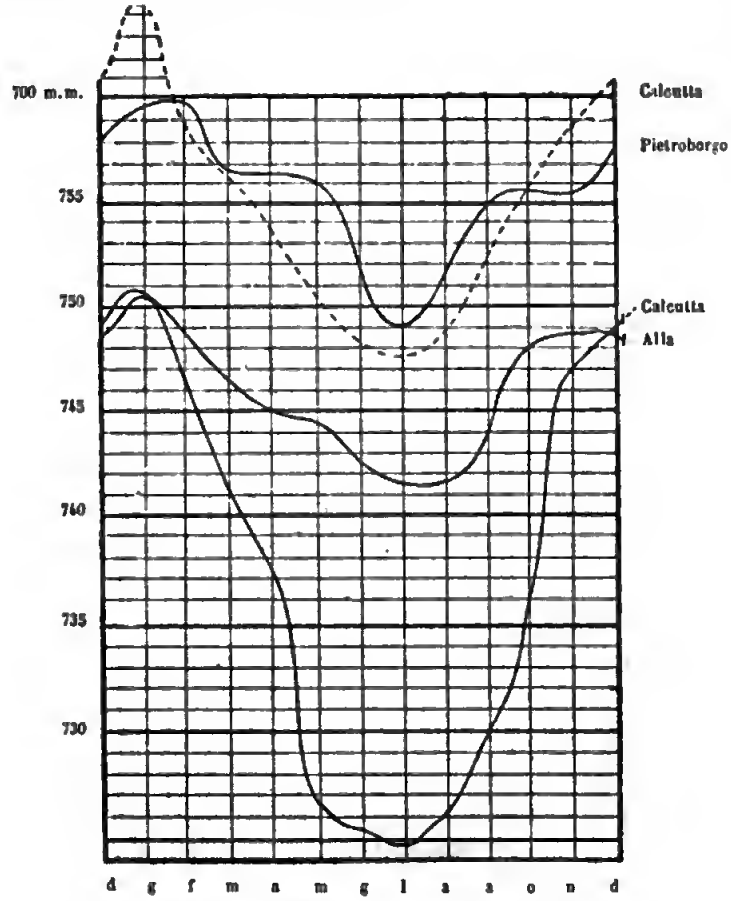


Fig. 31. — Variazioni mensili della pressione rapportata alla sola aria aridra.

Ma, in complesso, noi veggiamo confermarsi la legge enunciata poco sopra, che cioè, trascurando le fluttuazioni secondarie, la

pressione totale esercitata sull'emisfero Nord dall'atmosfera aumenta in inverno e diminuisce in estate, accadendo l'inverso nell'emisfero australe; risultamento necessario del bilanciamento delle temperature e del trasporto delle masse gasose dall'uno all'altro emisfero, a seconda delle stagioni. Questo effetto apparisce ancora più evidente quando si detragga dalla pressione barometrica totale la parte dovuta al vapore d'acqua contenuto nell'aria, conservando solo quella dovuta all'aria asciutta. La figura 31 mostra che a Pietroborgo e ad Alla, del pari che a Calcutta, la forza elastica dell'aria è al suo minimo in estate. In questa figura, che ricavo dal più volto citato trattato di Mariè-Davy, trovansi riunite e la curva punteggiata delle pressioni totali e la piena delle pressioni dell'aero asciutto a Calcutta: il variabile distacco delle due curve dà il valore della forza elastica del vapore misto all'aria. Questa forza elastica è di $23^{m.m.}$ in luglio e di $14^{m.m.}$ soltanto in gennaio.

In Genova (punto, come ho già osservato più volte, estremamente singolare e notevole della superficie meteorologica Europea) considerando l'andamonto delle pressioni nei loro valori medii mensuali, si scorge che esse, nei mesi di dicembre e gennaio, ascendono ad un valore massimo che sorpassa il medio annuale (di $756^{m.m.}$, 619) di $1^{m.m.}$, 9; che in aprile, discendono ad un minimo inferiore al suddetto medio di millim. 2, 6; e che nei mesi di luglio ed agosto, si tengono assai prossime a questo stesso valore medio di $756^{m.m.}$ 619; e si scorgo, del pari, che l'intera oscillazione, compresa fra queste estreme pressioni, è circa di $4^{m.m.}$ 5. Considerate adunque nelle diverse stagioni, le medie pressioni si trovano al massimo nell'inverno; ma il loro minimo, invece di arrivare nella estate (come la legge generale sovra indicata porterebbe) giunge in primavera, stagione nella quale i venti di S. E. e di S. recano sul litorale ligure i vapori del bacino del Meditorraneo. Nell'estate e nell'antunno, esse assumono un medio valore assai prossimo alla media assoluta dell'anno. Ecco, del resto, come si esprimeva in proposito, in una sua bella monografia, l'illustre mio concittadino; il Prof. G. Garibaldi: dall'e-

Digitized by Google

same dei medii valori delle massime e minime pressioni corrispondenti a mesi e stagioni, e dall' andamento delle differenze tra questi e la media annuale, rileviamo che la colonna barometrica nelle sue maggiori elevazioni si discosta dalla media annuale assai meno che nelle maggiori sue depressioni; infatti, mentre la media escursione superiore si limita ad 8 millimetri, 4, la media inferiore arriva a $11^{m.m.}$, 4. Vediamo altresì che ai mesi di gennaio o febbraio, mesi di minima temperatura, corrispondono ad un tempo le più alte pressioni e le più grandi oscillazioni barometriche; laddove a luglio ed agosto, mesi di massima temperatura, corrispondono bensì le minime oscillazioni, ma non le minime pressioni, che troviamo invece nei mesi di novembre, gennaio e febbraio. La massima di queste oscillazioni mensuali ascende a $27^{m.m.}$, 38, e la minima rimane a $11^{m.m.}$, 47.

Ciò che accade nel periodo annuale, avviene pure nel periodo diurno. L' altezza della colonna barometrica oscilla giornalmente in funzione delle variazioni della temperatura.

La oscillazione di cui parliamo è talmente regolare nelle regioni prossime all' equatore, che il barometro vi assume quasi le funzioni di un orologio. Si è per ciò appunto che in quelle regioni la legge delle variazioni diurne fu per la prima volta osservata nel 1723 da un abitante di Surinam, il cui nome è rimasto ignoto. Il padre Boudier l' ha osservata in India nel 1740; e Humboldt, formandone l' oggetto di uno studio speciale, dimostrò ch' essa si verifica, benchè meno sensibilmente, in tutti i climi della terra.

In modo generale, può dirsi che — il barometro ribassa da nove o dieci ore del mattino fino a tre o cinque ore della sera, secondo le stagioni. Dopo aver raggiunto un *primo minimo* a quell' ora, risale fino verso nove o undici ore della sera, in cui tocca un *primo massimo*. Indi ribassa di bel nuovo fino ad un *secondo minimo* verso quattro ore del mattino, e s' incammina poscia ad un *secondo massimo*, che tocca verso le dieci. Le ore dei massimi e dei minimi, chiamate *ore tropiche*, variano, del resto, con la stagione, con la latitudine e con l' altezza del luogo al di

sopra del livello del mare. Le curve tracciate nelle annesse due tavole *(Fig.* 32 *e* 33*)* indicano ad occhio veggente le ore tropiche, mostrando eziandio come le mentovate oscillazioni, molto sensibili all' equatore, lo diventino gradatamente meno a misura che si alza la latitudine.

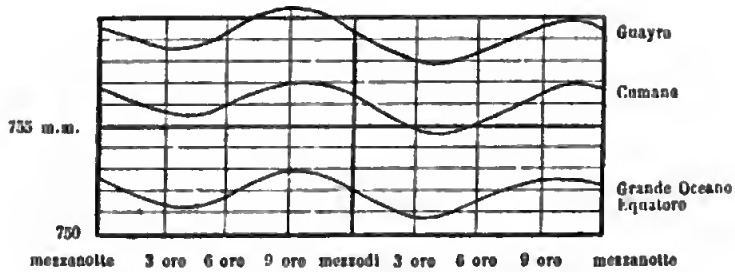


Fig. 32. — Variazioni orarie del Barometro nei paesi caldi.

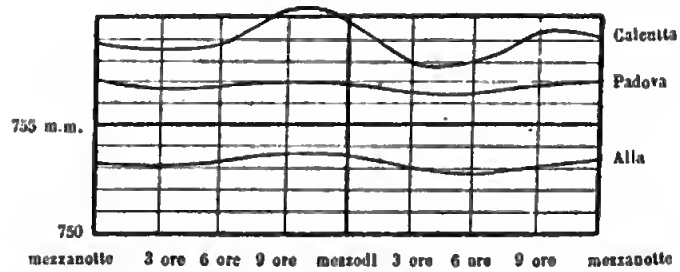


Fig. 33.
Variazioni orarie del Barometro nei paesi temperati paragonate a quelle dei caldi.

Le cause delle oscillazioni diurne sono essenzialmente le stesse di quelle che producono le variazioni annuali, e si riassumono sostanzialmente nella maggiore o minore facilità, con la quale si stabiliscono le correnti ascendenti o discendenti nell' atmosfera, facilità che, a sua volta, dipende dalla temperatura, ossia dall' azione del calor solare. Questa è, specialmente nelle zone temperate, turbata e complicata dalle circostanze locali, dai venti variabili, dalla umidità dell' aria ecc.; cause tutte, le quali rendono

Digitized by Google

meno regolare la oscillazione barometrica. Ma, isolando da queste variabili, l'influenza preponderante della temperatura, è facile darsi ragione delle curve che l'altezza della colonna barometrica descrive.

Col levar del sole, la terra e lo strato d'aria a contatto con essa cominciano a scaldarsi. L'aumento della temperatura produce necessariamente nell'aria uno di questi due effetti: o il gas si dilata e diventa men denso; — o se estranee cause lo impediscono di dilatarsi, la sua forza elastica aumenta. Arroge che in quel mentre stesso che l'aria si scalda, riceve un soprassello di vapore acqueo fornito dal suolo. Ora, o questo vapore acqueo si farà un posto nell'aria, cui tenderà a dilatare, diminuendone quindi la densità; ovvero, se l'aria sarà impedita di dilatarsi, il vapore, così compresso, aggiungerà la sua forza elastica a quella del gas, la cui elasticità crescerà perciò di una quantità corrispondente.

Entrambe queste ipotesi si traducono, e successivamente, nelle variazioni diurne del barometro.

L'aria, per dilatarsi il mattino, è costretta a respingere e costipare gli strati aerei superiori, i quali, in virtù della loro inerzia, oppongono una certa resistenza allo spostamento. La forza elastica aumenterà dunque alla superficie del suolo, fino al momento in

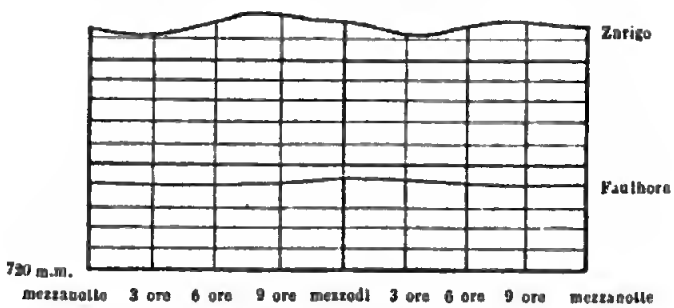


Fig. 34. — Variazioni orarie del Barometro a diverse altitudini.

cui gli strati superiori avranno ceduto alla pressione degli strati soggiacenti. È agevole quindi il concepire come il massimo baro-

metrico del mattino debba successivamente propagarsi dal basso all'alto dell'atmosfera; ed infatti, lo si vede apparire tanto più tardi e tanto più debole, quanto è maggiore l'altezza a cui ci eleviamo nelle eccelse montagne. Sul lago di Zurigo, il massimo mattutino avviene a 9 ore; mentre invece non si mostra che tre ore più tardi (a mezzogiorno) sull'elevato colle del Faulhorn *(Fig. 34)*.

Una fiata stabilito l'equilibrio delle pressioni sulla verticale di un luogo qualunque, l'affievolimento di densità dovuto alla dilatazione dell'aria ed insieme alla maggior quantità di vapore ch'essa contiene, produce l'ordinario suo effetto, e lo produce in guisa tanto più energica e pronunziata, quanto l'aria scaldata tende a salire più vigorosamente nell'atmosfera. — Si è all'ora più calda del giorno, che il minimo barometrico dovrebbe presentarsi, se non avessimo a considerare nelle pressioni che il puro peso dell'aria; ma fa mestieri tener conto altresì della velocità acquisita, per cui l'aria continuando ad ascendere, anche dopo cessata la forza che la spingeva, il barometro prosegue ancora a discendere dopo l'ora della massima temperatura. A poco a poco però questa velocità diminuisce e si estingue, ed allora il barometro comincia a rimontare.

Verso sera, la temperatura ribassa, e l'aria tende a contrarsi. Se il raffreddamento cominciasse dagli strati in immediato contatto con la superficie terrestre, il suo primo effetto sarebbe una diminuzione della elasticità in quelli strati medesimi, e, per conseguenza, un ribasso della colonna mercuriale, fino a tanto che gli strati superiori si fossero messi in movimento, per venire a colmare la differenza. Ma il raffreddamento piglia invece le mosse dagli strati più alti, perchè il suolo è più lento a perdere il calore acquistato durante la giornata; è quindi dall'alto, che il movimento discendente dell'aria tende a stabilirsi, ed agisce dunque nello stesso senso dell'aumento di densità prodotto dal freddo: aumenta, cioè, la pressione; epperò il barometro continua a montare.

Bentosto però l'irradiazione terrestre, facendo continui progressi, determina nel suolo una perdita crescente di calore; l'aria

sovraincumbente si spoglia di una parte del suo vapore, che si deposita in rugiada; un vuoto ed un ribasso barometrico ne sieguono nelle regioni inferiori, fino a tanto che l'azione dei raggi solari riprenda il suo dominio; ed ecco il secondo minimo.

Egli è nelle regioni equatoriali che la oscillazione diurna della temperatura è più forte e che più abbondanti sono le rugiade; è colà appunto (com'io notava poc'anzi) che l'oscillazione barometrica è più energica e più regolare.

Nelle nostre regioni temperate, le variazioni orarie sono molto più ineguali e mutevoli, a seconda delle stagioni e dei mesi. Limitandomi all'esempio di Genova, ricorderò come il diligentissimo Sig. Drago abbia osservato nel 1860 che la massima variazione dalle 9 di mattina alle 9 di sera fu di Mm. 11, 16 il dì 21 febbraio; e quella dalle 9 di sera alle 9 di mattina risultò di — Mm. 11, 93 dai 3 ai 4 gennaio. Nel 1861 quella dalle 9 mattina alle 9 sera fu di — Mm. 10, 06 il dì 11 marzo, e quella dalle 9 di sera alle 9 di mattina, di — Mm. 10, 88 dai 9 ai 10 febbraio. Le medie delle massime variazioni in più dalle 9 mattina alle 9 sera nel 1860, furono di Mm. 6, 78; di Mm. 5, 54 in meno. Nel periodo che corre dalle 9 di sera alle 9 di mattina, le medie delle massime variazioni in più furono di Mm. 6, 50; quelle in meno, di Mm. 7, 04. Nel 1861 si ebbe per risultato dalle 9 mattina alle 9 sera Mm. 5, 30, e — 5, 67. Dalle 9 pom. alle 9 antim., Mm. 4, 60 e — 8, 25.

III.

Esponendo sin qui le leggi che dominano sulle pressioni barometriche, sulla loro distribuzione alla superficie del globo e sulle loro variazioni, io mi sono limitato a considerare queste leggi in sè medesime, senza accennare alla influenza ch' esse esercitano sulla umana economia. Reputo però (seguendo il sistema che ho tenuto in tante altre parti di questa mia opera) conveniente di

accennare qui ad alcuno importanti osservazioni su questa parte dell'argomento: i fenomeni del mondo fisico acquistano, agli occhi del filosofo, un grado ben maggiore d'importanza, tutte le fiate ch'egli si sforza d'indagare le relazioni loro coll'uomo. — Il Macrocosmo (lo dissi già altre volte) non vuolsi scrutare e studiare mai indipendentemente dal Microcosmo.

La pressione atmosferica non è punto meno necessaria al mantenimento della vita, di quanto lo sia l'ossigeno stesso: una grande diminuzione nel peso dell'aria ha per immediato effetto di convertire i liquidi in fluidi aeriformi: un animale posto sotto la campana pneumatica, in cui sia fatto il vuoto, non muore già soltanto perchè gli manchi l'ossigeno da respirare, ma eziandio perchè, cessando la pressione, i liquidi del suo corpo si gazefanno, ed egli perisce in uno stato di straordinaria tumefazione.

Se il fenomeno della respirazione fu assai giustamente assimilato dai fisiologi e dai chimici al fenomeno della combustione, non ebbe punto meno ragione Mayow a paragonarne il meccanismo a quello di un mantice o soffietto. Sotto l'influenza dei muscoli inspiratori, il petto si amplia; l'aria contenuta nelle cellule bronchiali si dilata, e l'aria esteriore, più pesante, si precipita nei polmoni. L'espirazione si compie pel rilassamento dei muscoli inspiratori e sovratutto per l'elasticità dei polmoni, dovuta ella stessa alla contrazione delle fibre muscolari, così bene descritta da Reisseissen. Haller avea riconosciuto che l'estensione dei movimenti respiratori trovasi favorita dalla densità dell'aria, la quale entra più facilmente e per la sua propria elasticità nei polmoni, nell'atto che un aere più raro non può vincere la reazione dei bronchi; e quella *ginnastica polmonare*, che nel suo bellissimo *Trattato d'Igiene* ci consiglia il nostro Dott. Mantegazza, è tanto più facile e più proficua, quanto più sono normali le condizioni generali di pressione e di densità dell'aria atmosferica.

L'influenza delle pressioni sullo stato di salute dell'uomo, è più grande di quella che comunemente si estimi. Essa è naturalmente maggiore nelle tenere organizzazioni dei fanciulli, che in

Digitized by Google

quelle, più provate, degli uomini adulti. Io la ho sempre osservata molto notevole in tutti i membri della mia numerosa famiglia, ogniqualvolta, reduci dalla campagna (ove soggiornano molti mesi dell'anno) passavano da una regione elevata qualche centinaio di metri sul livello del mare, in quella della città, in riva al Mediterraneo. Il Sig. Poiseuille afferma (è vero) che la circolazione arteriale, capillare e venosa, non subiscono, sotto le più diverse pressioni, nè accelerazione, nè rallentamento; ma le osservazioni microscopiche di quel fisiologo, fatte sui mammiferi mutilati nel suo gabinetto anatomico, non sembranmi in verità autorizzarlo a conclusioni così assolute: tutti i viaggiatori ci riferiscono che il polso prova una viva accelerazione nell'aere rarefatto delle alte montagne; ed i Signori Pravaz e Tabarie hanno veduto frequentemente il bagno d'aria compressa ridurre dei due quinti le pulsazioni arteriali.

Una pressione atmosferica più forte deve naturalmente agevolare, assai più che una debole, quell'assorbimento dei gaz attraverso alla cute, che le esperienze di Bichat e di Chaussier hanno dimostrato esistere. Gli animali posti in mezzo a gaz deleterii periscono rapidamente, benchè abbiano la testa fuori del vaso.

I due fratelli Weber, di Monaco, hanno provato che le superficie articolari coxo-femorali sono mantenute in rapporto immediato dalla pressione atmosferica; perforando la parete della cavità cotiloidea, ed introducendovi aria, la testa del femore cede subito al peso del membro, e scende di una certa quantità.

L'uomo può vivere, senza dubbio, in tutte le contrade del globo e sotto le più variabili pressioni: egli può discendere nel fondo di un pozzo di miniera a sette o ottocento e più metri di profondità o sulle rive del Mare Morto a più di 400 metri sotto il livello del Mediterraneo; come può salire in mongolfiera a nove o diecimila metri di altitudine, od arrampicarsi sul dorso dell'Imalaia e del Chimborazo. Ma tutti i viaggiatori sono concordi nel descriverci i singolari effetti che si manifestano allora nel corpo umano. Dacosta, che fu uno dei primi a segnalare i fenomeni fisiologico-patologici che accompagnano le grandi ascensioni, non dubitò di

chiamare il loro complesso coll' energica denominazione di *Male delle Montagne*. E chiunque ha letto le belle e vivacissime descrizioni che il Prof. Tyndall ci ha dato delle suo ascensioni alpine, non può conservare il menomo dubbio sulla opportunità dei singolari esercizi preparatorii, coi quali questo insigne e coraggioso scienziato avvezza il suo corpo, prima di avventurarsi sul Monto Bianco o sulla Matterhorn.

Una osservazione che qui importa assai di fare, si è che i disordini fisiologici attribuiti alla rarefazione dell'aria si manifestano in Europa ad altezze minori di quelle, alle quali si comincia a provarli sugli alti picchi dell'Imalaia e delle Cordigliere. Su queste montagne Boussingault ed Hall salirono, senza sentire alcuna spiacevole influenza, fino all'altezza di 6,000 metri, e cessarono di montare quando soltanto il loro barometro indicava 0,35. Sul Monte Bianco, le guide che accompagnavano De Saussure non potevano già più, a 3898 metri, sollevare se non con fatica cinque o sei palate di neve. Le esperienze di Boussingault, sulla quantità di ossigeno contenuta nell'aria montana, provarono che il Malo delle Montagne non può essere attribuito alla insufficienza di quel gaz nell'aria respirata; ma che esso è semplicemente dovuto alla diminuzione della pressione atmosferica. Le emorragie (ben dice il Dott. Foissac nella sua stupenda *Meteorologia nei suoi rapporti con la Scienza dell' Uomo*), le vertigini, le nausee, l'iniettamento delle congiuntive e delle altre membrane mucose, gli svenimenti e la tendenza all'apoplessia, trovano una facile spiegazione nella diminuzione di questa pressione medesima.

Io, del resto (ben lo comprenderanno i miei Uditori), non intendo entrare a questo proposito in una minuta trattazione dell'argomento. Ho voluto soltanto farne questi pochi cenni, per dimostrare una volta di più quanto lo studio della scienza, che ho l'onore di insegnare, sia necessario al medico-filosofo ed all' esercizio dell'arte salutare. Considerazione questa che ho già dovuto fare più volte, segnatamente là dove ho trattato delle temperature e dei venti, e che mi occorrerà di ripetere ancora in appresso.

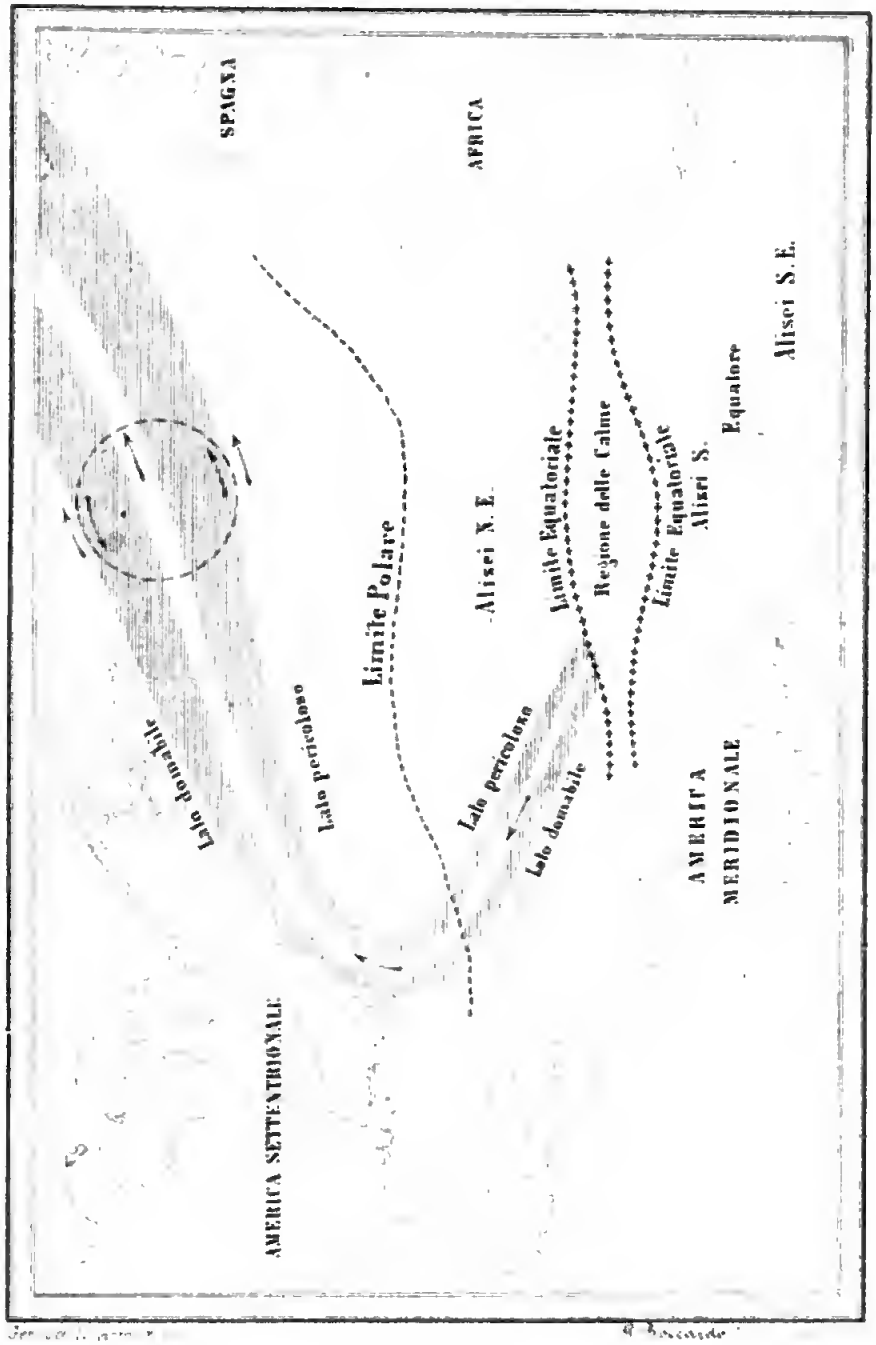
IV.

Facendo ora ritorno là d'onde siamo partiti, giovami notare che, se le oscillazioni regolari e normali del barometro vanno diminuendo dall'equatore verso i poli, il contrario avviene delle oscillazioni accidentali ed irregolari. Minime e quasi nulle nelle plaghe equatoriali, salvi i casi speciali di grandi perturbazioni atmosferiche, esse sono invece tanto più notevoli e frequenti quanto più alta è la latitudine. — Un ribasso anormale del barometro, sotto l'equatore, è minaccioso e formidabile quando eccede pochi millimetri, i quali passerebbero pressochè inosservati nei nostri climi. — È questa considerazione appunto che rende così prezioso il barometro nella navigazione in quei mari tropicali, ed è essa altresì che ci richiama ora, o Signori, alla ricerca delle Leggi delle Tempeste.

Le perturbazioni atmosferiche sono poco frequenti e poco durevoli nelle regioni intertropicali occupate dagli Alisei; ma quando vi scoppiano, acquistano una incomparabile violenza. Io non intendo parlare or qui dei temporali che si rinnovano quasi ogni giorno, nella stagione delle pioggie, nella zona compresa tra gli Alisei. All'infuori di questi ordinari accidenti dei caldi climi, avvengono più grandi eccezionali procelle, portanti caratteri affatto speciali, che formarono l'oggetto di accuratissimi studi da parte dei più eminenti meteorologi e navigatori, quali Piddington, Capper, Redfield, Reid, Bridet, Keller, Andran, Marié-Davy, ed altri, sulle tracce dei quali io esporrò di presente la teoria dei Cicloni.

È questo (come ho già detto in altra lezione) il nome che Piddington ha dato, pel primo, ad una considerevole massa d'aria animata da un rapido movimento di rotazione attorno ad un asse quasi verticale. La rotazione ha costantemente luogo, nell'emisfero boreale, da ponente a levante passando pel Sud, vale a dire in senso inverso al movimento degli aghi di un orologio; nell'emi-

Digitized by Google


SPAGNA
AFRICA
Limite Polare
Alisei N. E.
Limite Equatoriale
Regione delle Calme
Limite Equatoriale
Alisei S.
Equatore
Alisei S.E.
Lato pericoloso
Lato pericoloso
Lato pericoloso
Lato pericoloso
AMERICA SETTENTRIONALE
AMERICA
MERIDIONALE

sfero australe, per lo contrario, il movimento da ponente a levante si compio passando pel Nord, ossia nel senso del movimento dogli aghi di nn oriuolo (*V. Fig.* 35). Nell'atto stesso che l'aria

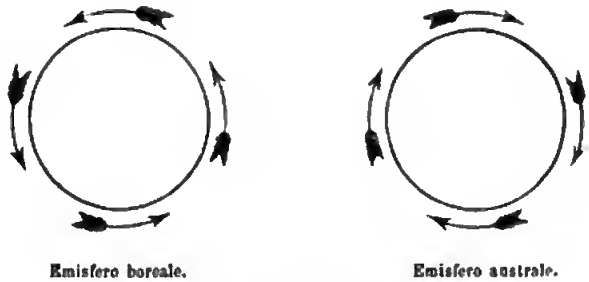


Fig. 35. — Rotazione dei Cicloni nei due Emisferi.

turbina così sopra sè stessa, l'insieme della meteora è trascinato da un movimento più o meno rapido lungo la superficie del globo, descrivendo una curva, la cui convessità è rivolta verso Occidente.

I Cicloni prendono origine tra l'equatore ed i tropici, ad una latitudine sensibilmente uguale a quella del sole, durante l'alterazione indotta negli alisei dal periodico trasporto della colonna equatoriale ascendente, o all'epoca del cambiamento di monsone. Una volta formato, il ciclono va sempre allontanandosi dall'equatore. Nel nostro emisfero, esso procede apprincipio verso ponente, rialzandosi alquanto verso tramontana, fino a che abbia raggiunto la latitudine di circa 30°, che è il limite settentrionale degli Alisei del N. E. Arrivato a questo punto, la sua trajettoria è ricisamente diretta dal Sud al Nord; si inflette quindi verso l'Est, continuando a rimontare verso il polo. — Nella Tavola che è qui esposta abbiamo riprodotto il tragitto di un famoso ciclone alla superficie dell'Atlantico boreale, determinato dal luogotenente Porter degli Stati-Uniti, giusta i giornali di bordo di molti bastimenti, conservati nell'Osservatorio di Washington. La strada seguita da quell'uragano, nell'agosto 1848, è identica per tutte le meteore alla superficie dell'Atlantico boreale.

Nell'Emisfero Australe, l'andamento degli uragani è lo stesso che nel Boreale, salvo che, invece di rimontare verso il Nord, si dirigono verso il Sud.

Il diametro dei Cicloni, la loro velocità di rotazione e la rapidità della loro traslazione differiscono molto, secondo i casi.

Il diametro iniziale può variare da 250 a 400 chilometri; ma va progressivamente aumentando, a misura che il turbine si allontana dall'equatore, e penetra in più elevate latitudini, dove talvolta fu visto misurare 1500 o 2000 chilometri.

La velocità della rotazione è al suo massimo ad una certa distanza dal centro. Nel centro stesso, regna una calma più o meno assoluta, interrotta talvolta da violente bufere e da repentini rovesciamenti della direzione del vento. Sugli orli esterni del girante disco, là dove esso confina con la massa atmosferica rimasta tranquilla, la forza del vento diminuisce gradatamente. Ad una distanza media dal centro, ma tuttavia più presso a quest'ultimo che all'orlo esteriore, la velocità dell'aria può raggiungere 200 o 250 chilometri all'ora.

La velocità di traslazione della meteora varia essa pure, a seconda dell'intensità della tempesta. Giusta il Sig. Keller, nei più deboli uragani, essa non fu giammai inferiore a 15 chilometri all'ora; nei più violenti, non ha giammai ecceduto 45 chilometri.

Un altro carattere notevolissimo dei cicloni è l'enorme ribasso barometrico che li accompagna, ribasso tanto più straordinario in quanto si avvera nelle regioni ove il barometro è (come vedemmo) di una grande costanza. Egli è al centro stesso del turbine che trovasi la pressione minima. — Ritorneremo su questo punto fra breve.

Egli è perciò che quivi stesso, nel centro, il livello dell'acqua s'innalza in modo sensibile, formando come una marea locale, — che siegue la tempesta nei suoi progressivi spostamenti. Tutt'intorno, poi, la violenza del vento, nel suo moto circolatorio, solleva orrendi marosi, la cui cresta è continuamente strappata dal furioso vento e rapita nello spazio, facendo ricadere da ogni dove una

pioggia salata. Le onde, flagellate da venti successivi, dei quali elle non possono seguire la direzione perpetnamente variabile, sovratutto presso al centro, finiscono per urtarsi, alzandosi e poi ricadendo (come belve chiuse in un circo) sopra sè medesime. Il cielo intanto si copre di fitte nubi grigio-cupe o nere; la pioggia diluvia a torrenti, scroscia la folgore senza interruzione, ed il rimbombo ininterrotto del tuono si mescola orrendamente al fragore del vento e dell'Oceano.

V.

Descritto così nei suoi essenziali e distintivi caratteri il Ciclone, non ci sarà, credo, malagevole ritrovare la legge che lo governa e la teoria che lo spiega.

Ricordiamoci innanzitutto che fra i due alisei esiste (continua, come vuole il Maury. o interrotta, secondo il Bourgois) la zona delle Calme equatoriali. Ricordiamoci inoltre che questa zona occupa posizioni molto differenti al finire dell'inverno ed allo spirar della estate, seguendo da lungi l'andamento del sole da tropico a tropico.

Riportiamoci ora col pensiero alla fine di febbraio, quando lo aliseo di N. E. si ferma verso il 4° grado di latitudine Nord. — Immaginiamo che l'aria sovrastante all'Atlantico, in quell'epoca dell'anno ed in quella parte dello spazio, si trovi, per una causa qualunque (per esempio, dalla vicinanza di un'isola) animata, in un dato punto, da un grado di calore più alto di quello che possiede tutt'intorno ad esso l'atmosfera. Ciò basterà perchè in quel punto stesso si determini una eccezionale dilatazione negli strati aerei, e per conseguenza un parziale centro di aspirazione. Le masse d'aria che trovansi a tutti i lati di questo centro, saranno attirate da tutte le direzioni, ed affluiranno, a colmare il vuoto prodotto dalla rarefazione della zona centrale, con una forza proporzionale alla differenza delle rispettive densità, come mostra la seguente figura (*Fig.* 36).

Questo afflusso delle masse d' aria precipitantisi da tutte le direzioni sul centro di aspirazione, non darebbe di per sè luogo ad alcun movimento rotatorio, se le velocità dalle quali le masse aeree sono animate, fossero uguali fra loro, ed eguali inoltre alla velocità della rotazione terrreste. Tutto ciò che ne risulterebbe sarebbe un movimento dell'atmosfera *in massa;* — ed è ciò appunto che accade nei nostri venti ordinari allorquando una accidentale differenza di temperatura obbliga le masse aeree più dense a trasportarsi sulle masse aeree più rarefatte.

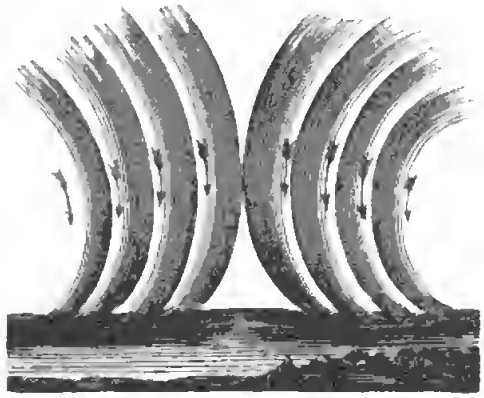


Fig. 36. — Origine di un Ciclone.

Ma la cosa punto non procede più così nell' ipotesi in cui ci siamo collocati, nell' ipotesi, cioè, in cui il fenomeno, accadendo in prossimità dell' equatore, provoca e chiama falde aeree a precipitarsi verso il centro di aspirazione, provenienti da paralleli molto diversi ed animati da velocità molto differenti. Trattasi, infatti di masse atmosferiche attirate da regioni distanti 4 o 500 chilom., e repentinamente accostate e rimescolate fra loro. Le une vengono dal Nord, le altre dal Sud, e tutte accorrono verso quel punto, che abbiamo supposto a 4 gradi di latitudine boreale.

Or bene, le falde atmosferiche che vengono dal settentrione incontrano, di mano in mano che si avanzano verso mezzodì, paralleli animati da una forza di rotazione gradatamente crescente verso l' Est; reciprocamente le falde provenienti da mezzodì toccano la superficie della terra su paralleli successivamente animati da una velocità man mano minore. È questa una conseguenza (colla quale siamo già famigliarizzati) della forma sferoidale della terra e della rotazione sul suo asse da ponente verso levante.

L' aria venuta dal Nord sembrerà adunque retrocedere verso ponente; mentre quella affluente dal mezzodì tenderà verso levante. Queste due tendenze opposte bastano a produrre un movimento girante; e le masse d'aria che da queste opposte tendenze sono sollecitate, possiedono in sè medesime la causa del loro turbinamento.

La forma sferoidale della terra, il suo movimento di rotazione attorno al suo asse, l' ineguale sviluppo dei suoi paralleli, e la diminuzione graduale della loro velocità verso levante, ecco adunque le cause prime degli uragani a tipo rotatorio. — E siccome queste cause agiscono in sensi opposti nei due emisferi, così il senso della rotazione degli uragani vi è del pari capovolto.

In quanto poi al moto di traslazione dei cicloni sulla superficie del globo, è facile spiegarlo mercè di considerazioni non meno elementari. Esso, infatti, non è che la risultante di tutte le velocità del complesso delle masse d' aria, trascinate nel movimento rotatorio.

VI.

Contro le minaccie di queste formidabili convulsioni della natura, la scienza ha armato il nocchiero con alcune regole altrettanto semplici quanto efficaci e sicure. Il più prossimo ed il più terribile pericolo trovasi (noi lo abbiamo già veduto) presso il centro, dove più imperversano i venti ed infuria la procella. — Primo studio del nocchiero quello dev' essere adunque di evitare quella zona; il che in alto mare è abbastanza facile, ma più malagevole assai nei paraggi vicini alle terre.

In tutti i mari traversati da tempeste rotanti, la via da queste percorsa è attualmente ben nota, e la direzione della loro rotazione è invariabilmente la stessa. — Laonde ai primi indizi dell' uragano, il navigante dee scrutinare (tenuto conto della direzione del vento, paragonata con la posizione occupata dalla nave) s' ei

Digitized by Google

si trovi nella linea del centro; o se invece sia a dritta o a manca di questa linea medesima. — In ciascuna di queste posizioni, è possibile sottrarsi al terribile appello dell' uragano, purchè si compiano senza ritardo alcune semplici manovre.

Supponiamo, per esempio, di navigare, nell' emisfero boreale, sull' Atlantico e nei paraggi delle Antille, ove sappiamo che i cicloni viaggiano dal S. E. al N. O., e che sul dinnanzi del rotante disco il vento soffia dal N. E., sulla sinistra da N. O., sulla destra da S. E., e sul di dietro da S. O., come scorgesi dalla figura qui tracciata *(V. Fig. 37)*, nella quale la gran freccia indica la direzione iniziale del moto di traslazione, e le piccole freccie le singole direzioni del moto rotatorio delle varie parti del disco.

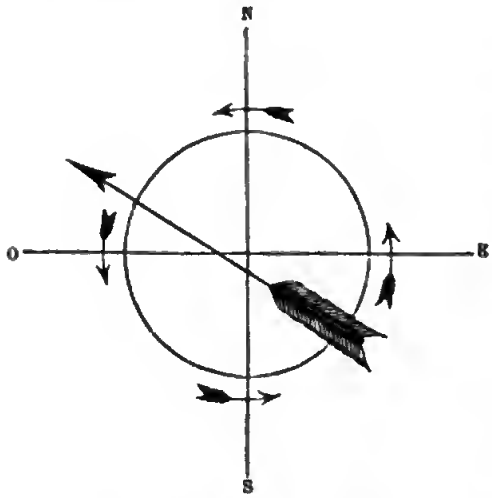


Fig. 37. — Movimenti di un Ciclone.

Appena il barometro comincia ad abbassarsi in modo progressivo, dal momento che contemporaneamente il mare diventa agitato e che il vento assume una forza anormale, la nave dee tosto diminuire le sue vele, ammainandole tutte, tranne una o due delle più piccole, mettersi al più presso e al traverso del vento, portar la barra del timone a sottovento, per derivare quanto meno può, il che chiamasi dai marinai *mettersi alla cappa*. Se il vento soffia N. E. o E. N. E., e conserva questa direzione aumentando d' intensità, ciò è segno che ci troviamo nella direzione del centro, e bisogna fuggire *vento di dietro*, o col vento in poppa. Quando il vento comincia a girare verso il N., continuando sempre

il barometro a ribassare si è penetrato nel mezzo cerchio a sinistra del disco rotante, che è il mezzo cerchio dai naviganti chiamato *domabile*. Bisogna continuare ad allontanarsi dalla linea del centro; ma si può già mettere alquanto a calcolo la direzione, verso la quale si tendeva prima dell'arrivo della tempesta. Si fugge allora *lascando le mure di tribordo,* vale a dire ricevendo il vento quasi in poppa, ma un poco dal lato destro di una persona che, stando sul di dietro del bastimento, guardi verso il davanti. — A misura che il vento volge a N. O., si cerca di *prendere sempre più del largo,* di ricevere cioè il vento più obliquamente dal lato destro della nave, finchè non si giunga là dove il barometro comincia a rialzarsi, penetrando nel semicircolo posteriore dell'uragano, ove ogni pericolo è cessato.

Più difficile è la manovra quando, invece di essere sul lato sinistro dell'uragano, il bastimento si trovi sul lato destro. Quivi, infatti, prendendo il vento in poppa, la nave andrebbe a cadere sulla linea del centro, se il vento soffia dall'Est, o sarebbe spinta sopra una direzione parallela a quella dell'uragano, se il vento soffia da S. E. Fa d'uopo allora navigare *di stretta bolina,* sempre con le *mure di tribordo,* vale a dire orientare la nave per modo che vada il più che è possibile nella direzione d'onde viene il vento, ricevendo bensì l'impulso dal lato destro, ma dal davanti e non più dal di dietro. Il grave inconveniente allora si è che si ricevono così le onde per traverso; ma è questo il solo modo per sottrarsi al centro pericoloso.

Fintantochè il barometro continua ad abbassarsi, si può esser certi che il centro si avvicina. — Giusta le indicazioni del dotto Signor Bridet, una nave che trovasi sulla linea di corsa dell'uragano, può stimarsi a 24 ore dal centro, quando il barometro ribassa di 3 decimi di millimetro per ora; a 18 ore, se il ribasso è di 6 decimi; a 12 ore, se è di un millimetro all'ora; a 9 ore, se di 1 millimetro e 5 decimi; a 6 ore, se di 2 millimetri; a 3 ore, se di 3 millimetri; ad immediato contatto, se di 4 millimetri e mezzo.

Io non pretendo, del resto, o Signori, far qui un Corso di manovra. Ho voluto soltanto indicare un pratico esempio, per rendere sensibile agli occhi il prezioso soccorso che questa parte della Meteorologia e della Fisica del globo presta alla navigazione, insegnandole a vincere la natura, assecondandola. — E concludo la mia lunga lezione, osservando che la scienza ha, in verità, qualche diritto di andare superba quando, dopo aver riempiuto di serena delizia l'anima del solitario pensatore, scende, per cotal modo, a spargere i suoi positivi ed inestimabili benefizi sulla gran massa del genere umano.

LEZIONE XVII.

Tempeste d' Europa. - Igrometria. Idrometeore

—

SOMMARIO.

Importanza affatto speciale della cooscenza delle Leggi delle Tempeste di Europa. — Leggi di Dove. — Corrente equatoriale e corrente polare. — Rotazione diretta o Rotazione inversa. — Gli attuali servizi Meteorologici. — Il Magnetismo terrestre (Rinvio alla Lez. XX.ª). — Via percorsa dalle tempeste d' Europa. — L' Igrometria e le Idrometeore. — Condizione Statica e Condizione Dinamica del vapore di acqua. — Relazioni fra l' Igrometria e la Termometria. — Le nubi e loro forme tipiche. — Le piogge. — Il Pluviometro o l' Udometro. — Pioggia annua nelle principali parti della terra. — Distribuzione geografica delle piegge sulla superficie del globo. — Regimi pluviali eccezionali.

I.

Signori,

Noi abbiamo, nella scorsa lezione, esposto la teoria delle grandi tempeste che infieriscono nelle regioni tropicali, e procurato di far comprendere la somma importanza di conoscere questa teoria, nell' interesse della navigazione e dell' incolumità delle vite e delle ricchezze affidate ai lunghi tragitti oceanici.

Ma a questa prima considerazione generale un' altra affatto speciale se ne aggiunge, per consigliare lo studio della teoria delle

tempeste, in quanto essa concerne le nostre regioni europee. Sedi delle più popolose metropoli, stipate di ricchezze d'ogni maniera, fornite d'innumerevoli porti di mare, lavorate in ogni direzione da una industria perfezionata e molteplice, queste nostre contrade riclamano instantemente dalla scienza la rivelazione di metodi rigorosi e sicuri per determinaro e prevedere la corsa che seguiranno le perturbazioni atmosferiche, le quali, se improvvise, possono riuscire flagelli apportatori d'infinito lutto e d'immensa rovina. Non si tratta più qui della previsione del tempo, nel senso di una facoltà profetica, capace di pronosticare di lontano le meteore non nate ancora; ma trattasi invece di conoscere quale sarà la via che, data e conosciuta l'origine di una meteora svoltasi in un determinato luogo, sarà questa per seguire, giusta ogni maggiore probabilità. Trattasi della previsione delle meteore *nello spazio*, piuttostochè *nel tempo*. Trattasi di trasmettere, mercè del telegrafo, alle differenti stazioni sulle quali passa la linea della tempesta, l'avviso dell'imminente uragano, e far sì che questo arrivi sempre *troppo tardi* e qnando già tutto è preparato per resistergli e vincerlo.

La priorità di questa grande idea spetta incontrastabilmente ad uno scienziato tedesco, al Prof. Dove di Berlino, il quale consegnò i frutti dei suoi benemeriti e lunghi studi in un'opera immortale intitolata *Das Gesetze der Stürme* (La legge delle Tempeste).

Secondo il Prof. Dove, tutte le perturbazioni atmosferiche dello nostre latitudini sono determinate dall'incontro di due grandi correnti aeree, delle quali tutti i venti che spirano in Europa non sono che le immediate derivazioni e modificazioni. L'una è la *Corrente equatoriale*, che viene dalle regioni calde e passa sulle plaghe di mano in mano più fredde; l'altra è la *Corrente polare*, che dai geli boreali, si avanza nelle zone temperate. La prima è calda ed umida; la seconda, fredda ed asciutta; quella fa alzare il termometro ed abbassare il barometro; questa produce gli effetti rispettivamente opposti. Le loro velocità e l'ampiezza delle loro trajettorie variano con le stagioni, avendo la corrente equatoriale

maggiore intensità nell' autunno e nell' inverno, e la polare prevalendo in primavera ed in estate. Un dato luogo trovasi quindi alternamente sotto l' influenza dell' una e dell' altra corrente, ed il passaggio dall' una all' altra va accompagnato da turbamenti e da procelle più o meno gravi.

II.

La forma della terra esercita una doppia azione sulle due correnti di Dove.

In primo luogo, siccome i meridiani terrestri convergono verso il polo e la rispettiva loro distanza è tanto più debole, quanto è più lontano dall' equatore il parallelo, su cui i meridiani si considerano, — indi è che il letto della corrente equatoriale deve andare gradatamente rinserrandosi, a misura che procede verso il polo, e l' intensità della corrente deve accrescersi nel medesimo senso, — precisamente come avviene di un corso d' acqua, che acquista in velocità ed in violenza, quanto perde in larghezza ed in estensione. — Questo effetto è favorito altresì dalla diminuzione di volume e di forza elastica del gaz, trasportato in regioni di mano in mano più fredde, nelle quali esso si spoglia del suo calore e del suo vapore acqueo. Da ciò i colpi di vento di S. O., frequenti tanto sulle coste occidentali di Europa, segnatamente durante le stagioni di autunno e d' inverno. — La corrente polare, al contrario, si rallenta gradatamente, a misura che si avanza, perchè il suo letto si espande pure gradatamente, nell'atto stesso che aumenta il suo volume, sotto la combinata azione del calore e del vapore d'acqua che dissolve. Perciò i colpi di vento di N. E. sono rari, salve alcune regioni peculiari d'Europa e certi casi affatto speciali.

Il secondo effetto della forma sferoidale della terra sta in ciò che la corrente equatoriale, penetrando su meridiani la cui velocità nel senso da ponente a levante diminuisce verso i poli, deve assumere, a misura che si avanza, una crescente inclinazione orien-

Digitized by Google

tale, e girar quindi successivamente dal S. O. all' O. — Per la ragione dei contrari, la corrente polare deve gradatamente inflettersi da N. E. verso l'E. — Là dove le due correnti s' incontrano, deve adunque stabilirsi un movimento di rotazione, determinato dal contrario impulso dei venti. Il Prof. Dove distingue due sorta di rotazioni: *la Rotazione diretta,* che si verifica quando la bufera fa il giro della rosa, andando successivamente dal S. O. all' O, poi al N. O, al N., al N. E. all' E., al S. E. ed al S.; e la *Rotazione inversa,* quando si compie nel senso opposto al precedente. — Raccogliendo un grandissimo numero di documenti storici, dai tempi di Salomone fino ai di nostri, l' erudito Professore di Berlino afferma che la rotazione diretta è notevolmente più frequente, nel nostro emisfero boreale, della rotazione inversa; e che il contrario ha luogo, per ovvia reciproca ragione nell'emisfero, australe.

III.

Il Prof. Dove però elaborava la sua teoria in un' epoca, in cui tutti i punti dell' Europa non erano ancora, come oggi sono, collegati insieme da una fitta rete telegrafica, in un' epoca sovratutto in cui non esisteva ancora un regolare sistema di corrispondenza meteorologica, mercè del quale è dato in oggi segnalare un uragano, dal primo istante che apparisce in un punto qualunque dell'Europa, seguirlo nel suo procedimento, tracciare, sopra una carta, la curva del cammino da esso percorso; e, paragonando un gran numero di simili carte diurne, ricavarne le leggi generali delle tempeste europee.

I risultamenti del servizio meteorologico su queste basi stabilito in questi ultimi anni, sono per certo lontani ancora dallo aver condotto la scienza a quel grado di precisione e di sicurezza, che è lecito desiderarne e sperarne; e occorrerà che le osservazioni si moltiplichino ancora per qualche tempo, prima che questa parte della Fisica del globo possa dirsi pervenuta allo stato di perfezione, che auguriamo e crediamo possa raggiungere.

Digitized by Google

Questi risultamenti però sono già tali da incoraggiare le più liete speranze sui progressi futuri della meteorologia europea. Le vedute teoriche di Dove non sono certo da disprozzarsi, nè possiamo dire che l' esperienza le abbia assolutamente confutate. Ciò che intendo affermare si è che la tendenza di questi studi è oramai di lasciare un poco in disparte i sistemi e le teorie, e di attenersi unicamente ai dati di fatto e di osservazione positiva.

Un certo numero di tempeste sono già state minutamente e diligentemente esaminate, e tutte hanno presentemente certi caratteri comuni nel loro modo di apparizione e nella loro corsa. I loro primi sintomi furono sempre veduti manifestarsi sulle coste occidentali d' Europa, parecchi giorni prima del loro scoppio nell' interno del continente. Il segno precursore in Norvegia, in Danimarca, in Inghilterra, fu costantemente l' inflessione delle curve di eguale pressione barometrica; poi il vento ascende più o meno rapidamente sulle coste Nord-Ovest della Francia e dell' Inghilterra, assumendo una tendenza marcatissima a girare attorno ad un centro di depressione che forma il culminante punto della tempesta. Il centro stesso si sposta, ora in modo regolare e progressivo da Ponente a Levante, alzandosi dapprima verso Tramontana per ridiscendere poscia a mezzodì, dopo aver valicato l'Inghilterra; ora, al contrario, con alcune esitazioni, che sembrano ricondurlo momentaneamente all' indietro. — Generalmente, da due giorni e mezzo a tre giorni impiega l' uragano, per venire dai luoghi di origine sul Baltico, sul mar Germanico o sull' Oceano, fino al nostro Mediterraneo; — si hanno però esempi di tempeste che, nello spazio di un giorno solo, o anche in minor tempo, compirono questo tragitto.

Del resto alcune delle più forti procelle europee si riannettono direttamente agli uragani nati nelle regioni tropicali dell' Atlantico, e propagatisi fino a noi. La Carta dell' uragano di agosto 1848, che nell' antecedente Lezione vi ho posto sott' occhio, ci mostra quel ciclone partito dalle Antille, e poscia venuto colla sua formidabile traiettoria fino all' Inghilterra.

Digitized by Google

IV.

Io ho parlato finora delle Tempesto, considerandole nelle leggi generali della loro meccanica, senza tener conto dei fenomeni propriamente metereologici che le accompagnano, nubi, nebbie, pioggie, grandini, elettricità atmosferica, e simili. — È tempo oramai di volgerci a questa interessantissima parte della scienza metereologica.

L'aria atmosferica contiene sempre (l'ho già detto nella mia XII^a Lezione) una quantità, ora maggiore, ora minore, d'umidità nello stato di vapore. Qnesta umidità atmosferica può trovarsi in due stati differenti: o nella condizione *Statica,* vale a dire così identificata coll'aria che la contiene, che ne viene generalmente rignardata siccome una delle parti integranti; o nella condizione *Dinamica,* cioè nell'atto di separarsi dalla massa atmosferica, cadendo, sotto forma di nebbia, di rugiada, di pioggia, di grandine, di neve.

Quando l'umidità trovasi nella condizione statica, la parte della Meteorologia o della Fisica dol Globo che studia le sne proprietà, chiamasi *Igrometria.*

L'umidità esercita la più grande influenza nei fenomeni della natnra, sovratutto in qnelli della natura organizzata, per l'azione che ha direttamente sni tessuti delle piante e degli animali e per quella altresl, indiretta ma potente, che ha sovra di loro mediante la maggiore conduttibilità che conferisce, per l'elettricità, all'aria ambiente.

Ella è una osservazione che io feci sovente, e che mi sembra troppo trascurata dai medici e dagli igienisti, quella delle modificazioni che l'umidità determina nello stato elettrico dell'atmosfera. Perchè mai un freddo umido ci riesce egli tanto più fastidioso ed incomodo non solo, ma sovratutto tanto più pericoloso e funesto (massime pei temperamenti molto nervosi) che un freddo secco

ed ascintto? — Egli è che quest'ultimo non fa che sottrarci una parte del nostro calore animale, obbligando l' interna nostra fornace a ricostituirlo continuamente e mandarlo alla periferia; mentre il primo, oltre a questa azione, ne esercita un' altra, ben più esauriente, su quella parte del nostro organismo, che è di tutte la più delicata e sensibile, benchè la meno conosciuta, voglio dire sul sistema nervoso. Mentre, durante una giornata freddo-ascintta, noi siamo circondati da un corpo coibente, che lascia in pace i generatori elettrici del nostro organismo, — durante una giornata fredd' umida, per lo contrario, il nostro corpo trovasi immerso in un ambiente ottimo conduttore, che ci va spogliando continuamente della elettricità animale, e costringendo così la povera pila vivente a restituire una sempre crescente quantità del prezioso fluido ai tessuti depauperati. È possibilissimo che io m' inganni; ma prego i cultori dell' arte salutare a volgere per un istante la loro attenzione su questo problema, meritevole forse di tutto il loro studio.

L' umidità dell' atmosfera non è soltanto un elemento di grande importanza per sè medesimo, ma lo è eziandio per le induzioni che possono da essa ritrarsi relativamente alle probabilità ed alla previsione del tempo. Ma se vuolsi che queste induzioni abbiano una base sufficientemente sicura, fa d' uopo fondarle sulla conoscenza perfetta delle variazioni regolari e normali della umidità nei luoghi, relativamente ai quali vuolsi argomentare sul futuro tempo, onde poter estimare giustamente il valore delle deviazioni da codesto stato normale.

Vari sono gli strumenti coi quali queste variazioni si osservano. Il principale di essi è l'*Igrometro*, che serve appunto a misurare la forza elastica del vapore d' acqua che l' aria contiene. Esso è fondato sulla proprietà che hanno tutti i corpi in generale, e più segnatamente alcuni in particolare (come le funi tese, i crini, i capelli, il cloruro di calce, la potassa, il sal comune ecc.) di cambiare di forma, di peso o di volume a seconda della quantità di vapore acqueo ch' essi hanno assorbito.

Digitized by Google

Vi hanno molte specie di igrometri: negli uni si pone a partito la condensazione; negli altri, l'assorbimento; in altri, la semplice evaporazione. L'igrometro a capello di De Saussure è quello che più frequentemente s' impiega: esso è un igrometro di assorbimento. Componesi di un crine fissato per una delle sue estremità ad un ordigno, che può subire lievi spostamenti mercè di una vite e di una molla, e ravvolto, all' altra estremità, ad una piccola puleggia a doppia scanalatura, il cui asse porta un indice od ago, destinato a percorrere un quadrante; nella seconda scanalatura della puleggia è ravvolto un filo di seta, portante un piccolo contrappeso, che tiene il crine costantemente ed uniformemente teso.

Un altro strumento di cui si fa frequentemente uso negli Osvatorii, e che io credo anzi necessario a convalidare o correggere le indicazioni dell' Igrometro, è il *Psicrometro*, il quale pel precipitato acqueo formato alla sua superficie, serve a determinare la quantità di vapore contenuto nell' atmosfera.

Coll' aiuto di questi apparecchi, i Meteorologi hanno in diverse località raccolto un gran numero di osservazioni, le quali, se non sono ancora sufficienti a determinare le leggi generali alle quali obbedisce l' umidità atmosferica, ci forniscono già però preziosissimi dati, i quali potrebbero, con un poco di pazienza e di cura, venire largamente ampliati senza fatica da qualunque più volgare

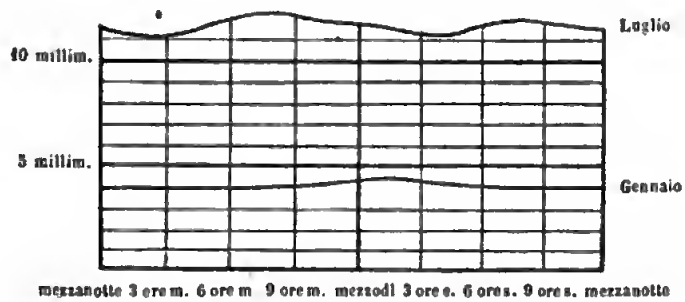


Fig. 38. — Medie variazioni diurne della tensione del vapore a Alla.

osservatore. Quetelet a Brusselle, Neuber a Apenrade, Kaemtz a Alla, Kupffer a Pietroborgo, Marié-Davy a Parigi, Secchi a Roma,

ed altri in altre parti d' Europa, hanno raccolto, a questo proposito, preziosissimo notizie. Riferiremo qui quelle forniteci da Kaemtz, relativamente alle tensioni del vapore di acqua a Alla nelle diverse ore del giorno durante i mesi di gennaio e di luglio, tensioni pressochè proporzionali alle quantità di vapore acqueo contenute in un metro cubo d' aria.

Le variazioni sono più forti in estate che in inverno. In luglio noi scorgiamo un primo minimo verso 3 ore mattutine; quindi aumentare la tensione fin verso 9 ore, momento nel quale tocca un primo massimo; decrescere quindi verso un secondo minimo a 4 ore pom.; per risalire poscia verso un secondo massimo tra 8 e 9 ore della sera.

Il Sig. Horner a Zurigo ed il Sig. Kaemtz sul Rigi (1810 m.) e sul Faulhorn (2672 m.), fecero osservazioni, che riassumiamo nella figura seguente *(Fig. 39)*.

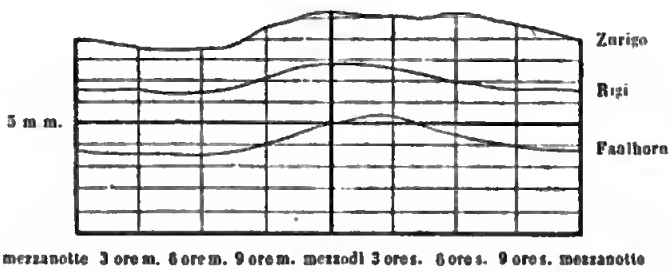


Fig 39. — Variazioni diurne della tensione del vapore a differenti altitudini.

dalla quale si scorge in qual modo l'altezza sul livello del mare possa far variare l' amplitudine di queste oscillazioni. In riva al lago di Zurigo, apparisce ancora, a 4 ore pom., un secondo minimo, che più non si scorge sulle due mentovate vette alpine.

Lo stato igrometrico dell' aria è sempre nei più intimi rapporti collegato col suo stato termometrico. L' evaporazione dalle masse liquide o dalle superficie terrestri è in ragione diretta della temperatura e (per queste ultime) dell' abbondanza della vegetazione, di cui sono coperte. Egli è perciò che la quantità di vapore con-

tenuto nell' aria si aumenta nella giornata e diminuisce nella notte. Questa legge però, che sarebbe assoluta se l' atmosfera fosse in riposo, subisce alcune modificazioni, a cagione de' movimenti che agitano l' oceano aereo. Durante le ore più calde, si stabiliscono correnti ascensionali, le quali trasportano verso le alte regioni dell' atmosfera l' aria degli strati inferiori, e con essa il vapore ch' ella ha ricevuto dal suolo. L' aere delle regioni più fredde è fornito di minor quantità di vapore e tende allora a recarsi al posto lasciato libero dalla dilatata aria della colonna di aspirazione; fenomeno che ci è rivelato dal minimo di tre ore pomer. osservato a Alla. Questo minimo però non si osserva dovunque, ma là solamente, ove le accidentalità del suolo o la prossimità di giogaie montane dànno luogo a strati laterali aerei di differenti temperatura, densità e condizione igrometrica. Sulle rive dei mari, si stabiliscono, durante le più calde ore, correnti dal mare alla terra, cariche naturalmente di molta umidità, le quali fanno sì che in que' luoghi non si osservi il minimo di tre ore, osservato invece a Alla.

Del resto, a misura che sale la temperatura dell' aria, la capacità sua pel vapore d' acqua aumenta rapidamente; ma, siccome, al tempo stesso, l' aria, per la medesima cagione, si dilata, indi è che la quantità di vapore contenuta in ogni parte aliquota dell' atmosfera è minore, cosichè l' aria sembra più asciutta ed il suo grado igrometrico ribassa, sebbene l' evaporazione assoluta sia stata maggiore. Lo stato igrometrico medio segue perciò, nelle sue variazioni, un' andamento inverso a quello della temperatura, come apparisce dalle due seguenti figure *(Fig. 40 e 41)*, relative l' una al mese di luglio, l' altra al mese di gennaio, e calcolate entrambe a Alla. Le curve punteggiate e le cifre di destra indicano la termometria; le curve piene e le cifre di sinistra, l' igrometria.

L' opposizione delle due curve è sensibilissima nella prima delle due figure, relativa alle variazioni estive, molto pronunciate nel clima *continentale* di Alla. Il minimo dell' igrometro vi si manifesta un poco dopo il massimo del termometro; perchè, come già

sappiamo, le correnti di ascensione sogliono persistere dopo l'ora più calda della giornata. L' igrometro continua nel mattino a salire per più ore dopo il minimo termometrico, mentre nella fi-

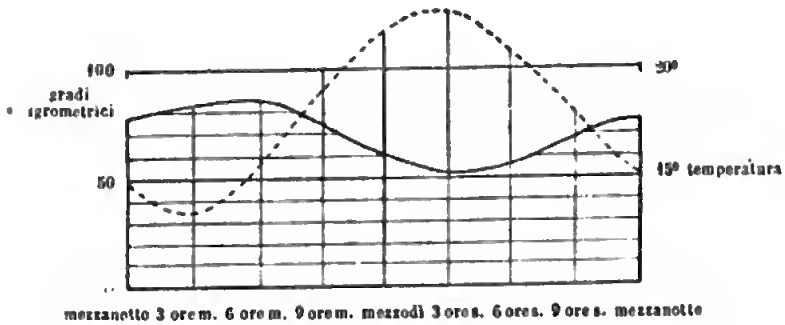


Fig. 40. — Andamento comparato del Termometro e dell' Igrometro in luglio.

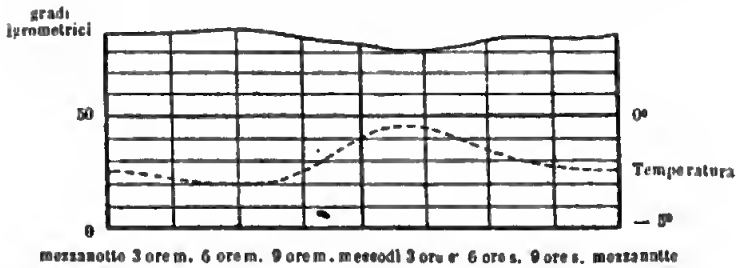


Fig. 41. — Andamento comparato del Termometro e dell' Igrometro in gennaio.

gura 39 avevamo osservato che la curva delle tensioni monta da tre ore fino a sette del mattino. L' incremento igrometrico del mattino è determinato, dapprima, dal raffreddamento dell' atmosfera; quindi dal nuovo afflusso di vapore, che il calore crescente sottrae al suolo ed alle piante. Ma, più sul tardi, lo scaldamento dell' atmosfera diventa causa preponderante, ed allora l' igrometro comincia a ribassare. Quando il massimo di temperatura è trascorso, l' igrometro ricomincia ad alzarsi rapidamente fin verso dieci od undici ore della sera, poscia più lentamente durante il resto della notte, per riprendere da capo la sua evoluzione al

nuovo giorno. — La seconda delle due figure ci mostra lo stesse vicende, ma molto meno accentuate, dacchè nell' inverno la variazione media termometrica diurna è assai minore che nell' estate.

Ecco ora un' altra figura *(Fig. 42)*.

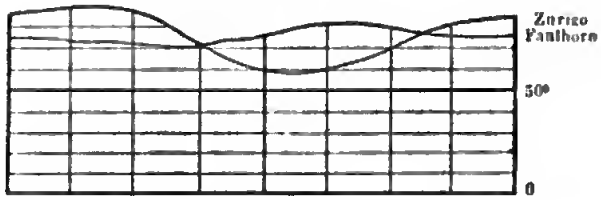


Fig. 42. — Curve delle variazioni dei gradi igrometrici a varie altitudini.

nella quale si scorge che, mentre la curva igrometrica di Zurigo presenta una notevole analogia con quella di Alla, vi ha, per lo contrario, molta differenza in quella del Faulhorn. Siccome quest' alta montagna riceve, nelle ore di massima temperatura, i vapori esalati dalla valle, così l' igrometro, invece di ribassare, vi aumenta in quelle ore medesime.

Ricaviamo dal bel trattato del Sig. Marié-Davy la figura seguente *(Fig. 43)*, in cui trovansi riunite e la curva delle temperature, e quella delle tensioni del vapore, e quella dei gradi igrometrici, risultanti dalle osservazioni fatte dal Prof. Kaemtz a Alla, nei diversi mesi dell' anno. D' onde si scorge come la curva delle tensioni del vapore proceda sensibilmente d' accordo con la curva delle temperature, avendo entrambe queste linee i loro punti singolari (massimi e minimi) negli stessi mesi dell' anno, con questa sola osservazione però che la prima di esse presenta un energico rialzamento nei mesi di settembre e di ottobre, epoca delle più abbondanti piogge in Europa.

Questi elementi raccolti dall' illustre Prof. Kaemtz possono considerarsi come espressioni approssimate di una legge generale. Essi coincidono quasi esattamente con quelli che ha ottenuti, in ventitre anni di accurate osservazioni, a Brusselle il Sig. Quetelet,

e da lui consegnati nel suo bel libro intitolato: *Meteorologia del Belgio comparata a quella del Globo.* Questa coincidenza induceva appunto quest' ultimo scienziato ad affermare che l' umidità del-

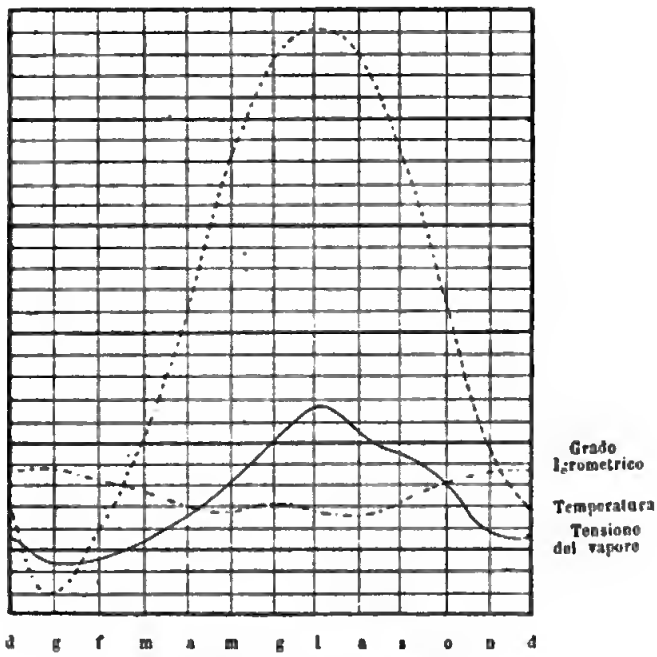


Fig. 43. — Variazioni annue della umidità a Alla.
Curva delle tensioni del vapore d' acqua (——). — *Curva dei gradi igrometrici* (-·-·-). *Curva delle Temperature* (------).

l' aria è pressocchè dovunque in Europa la stessa. Le grandi variazioni che si possono riconoscere da un cielo all' altro, trovansi più particolarmente nelle precipitazioni acquee, cioè in quella parte della meteorologia che abbiamo di sopra chiamato *Dinamica dei vapori.* Si è dunque più specialmente verso questa parte della Meteorologia acquea, che converrà rivolgere di presente la nostra attenzione, studiando le varie forme che può assumere e i diversi fenomeni a cui può dar luogo la condensazione e la caduta sul suolo del vapore di acqua.

V.

La formazione delle nebbie e delle nuvole è dovuta, sia all' incontro di due correnti d' aria inegualmente calde e dotate di un differente grado di umidità, sia alla presenza del vapore d' acqua in un' aria più fredda del suolo, per cui il vapore esalato dalla terra diventa visibile, precisamente come quello che si alza al di sopra dell' acqua bollente. La *Nebbia* è composta di piccoli corpi in forma di sferule cave, simili alle gallozzole di sapone. Risultando le nebbie dal raffreddamento dell' atmosfera e dal miscuglio di due correnti aeree di ineguale temperatura, cariche di umidità, è naturale quindi che lo si vedano di preferenza formarsi il mattino e la sera, principalmente in autunno, e al di sopra dei luoghi paludosi e dei corsi d'acqua, dove questa è allora più calda dell'aria. Le correnti marine ad alta temperatura, come p. es. il Gulf-Stream, recano frequenti e copiose nebbie sulle coste che bagnano, e le quali, essendo più fredde e coperte da una più fredda atmosfera, condensano quei vapori e li fanno poscia cadere in pioggia. Le fitte brume di Terra Nuova e delle Isole Britanniche provengono appunto da cotesta influenza, che è stata pure riconosciuta in altre regioni, quali le isole Aleutte, poste sulla via del Gulf-Stream del Pacifico.

Le *Nubi* hanno, come ho già accennato, la stessa origine delle nebbie. Una corrente d'aria umida, posta a contatto di una corrente d' aria più fredda, determina la formazione dei corpuscoli vescicolari, il cui complesso forma appunto la nuvola. È questa la cagione, per cui le vette dei monti sono così sovente avvilupppato dalle nubi, prodotte dalla condensazione del vapore contenuto nell' aria, alzatasi fino a quelle fredde regioni. Ed è questo, del pari, il motivo per cui così di frequente scorgiamo quelle nubi dissiparsi, a misura che scendono allontanandosi dalle cime ed incontrando strati d'aria dotati di più alta temperatura. Spesso, dice Kaemtz, nere nubi, passando rapidamente sull'ospizio del S. Gottardo. si precipitano in massa nella profonda gola di Val Tremola.

Si direbbe che, in pochi istanti, tutta intera la Lombardia sarà sepolta in un fitto lenzuolo di nubi; ma queste, alla bocca della Val Tremola, si sciolgono e svaniscono, come per incanto, sotto l'azione dissolvente delle calde correnti della vallata.

Le cause determinanti della forma delle nubi, del loro colore, della loro altitudine, non sono finora totalmente note.

Il fisico e meteorologo inglese Howard è il primo che abbia distinto nelle nuvole quattro forme principali: *Cirrus*, *Stratus*, *Nimbus*, *Cumulus*.

Il Cirrus (*Fig.* 44.) risulta da nubi sconnesse e trasparenti, simili a piume leggere e le quali si mantengono sempre a grande elevazione. Veggonsi spesso disposte in bande o strisce parallele, in filamenti diretti da mezzodì a tramontana, in atto di divergere da un punto dell'orizzonte e di convergere al punto diametralmente opposto. Howard, Forster, Peltier ed altri meteorologi credono che cotesti cirri servano di conduttori fra due centri di elettricità di nome contrario, i cui fluidi tendano a ricomporsi, e che la flessibilità delle nubi conduttrici finisca per dar loro la forma rettilinea, richiesta come condizione del più breve tragitto da un centro elettrico all'altro. — L'apparizione dei cirri annunzia generalmente un cambiamento di tempo.

Fig. 44. — Cirrus.

Fig. 45. — Stratus.

Lo Stratus (*Fig.* 45) è la lunga striscia orizzontale di nubi color di fumo, ad incerti contorni, che stendesi sovente all'orizzonte al tramontar del sole. — In generale, non è foriera di pioggia.

Il Nimbus (*Fig.* 46) è un ammasso di nere e dense nubi, con frangie sugli orli; ed annunzia burrasca.

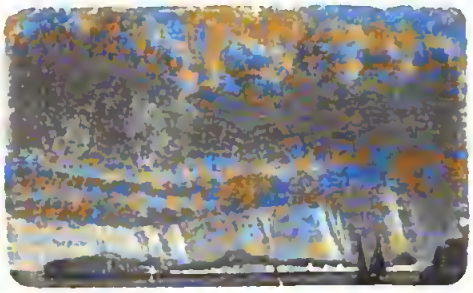


Fig. 46. — Nimbus.

Il Cumulus (*Fig.* 47) è costituito dalle nubi di bel tempo. La loro bianchezza, che contrasta coll'azzurro del cielo, le loro forme tondeggianti, i loro ben definiti contorni le rendono facilmente riconoscibili. Quando i Cumuli si oscurano e prolungano, nel tempo stesso, in Strato la loro parte inferiore, la pioggia è molto probabile.

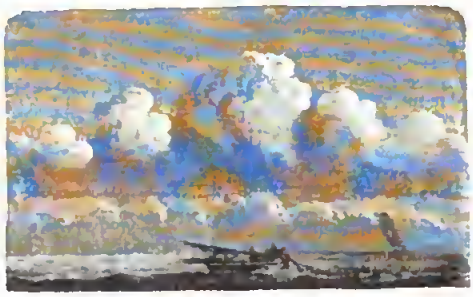


Fig. 47. — Cumulus.

Gli studi di Howard sulle nubi furono compiuti poscia da altri scienziati, fra i quali citerò il gran poeta Goethe, il Professor Kaemtz ed il contrammiraglio Fitz-Roy, il quale ultimo distingue, oltre alle quattro forme primigenie succennate, altre dodici gradazioni e combinazioni di nubi: *Cirronus, Cirritus, Cirro-Stratus, Cirrito-Stratus, Cirro-Cumulus, Cirrito-Cumulus, Stratonus, Stratitus, Cumulonus, Cumulitus, Cumulo-Stratus* e *Cumulito-Stratus*, delle quali non è allo scopo nostro necessario dare particolareggiata descrizione.

VI.

Le nubi esercitano, per sè medesime, una notevole influenza sui climi e sulla fertilità del suolo. Stendendosi al di sopra della terra, esse le conservano il suo calore, diminuendone la irradiazione, e la proteggono contro la siccità. Si è nella zona delle calme equatoriali, che si può principalmente riconoscere questa benefica influenza delle nubi sul clima e sulla vegetazione. Nell'atto che nella regione degli alisei, a nord ed a sud dell'equatore, il cielo è generalmente sereno o cosparso soltanto di leggere nubi, vedesi, al contrario, accostandosi alla zona delle calme, oscurarsi il cielo e coprirsi di densi vapori, provenienti dalle masse aeree, satnre di umidità, che gli alisei accumulano continuamente in quella zona. Stendesi qnindi tutto intorno allo sferoide terrestre, in quella zona, un largo anello di nnbi (così lo han chiamato gli Inglesi: *Cloud-ring*), che, a seconda delle stagioni, si trasporta a nord ed a sud dell'equatore, proteggendo alternativamente contro gli ardori solari i diversi paralleli che ricopre, e recandovi, ad epoche determinate, benefica la pioggia. Un *Cloud-ring* somigliante, il telescopio ci ha rivelato in altri pianeti, e segnatamente in Giove, in cui è da credere che esso adempia funzioni analoghe a quelle che esercita sulla nostra Terra.

In tutte le alte regioni del globo, la distribuzione delle nubi obbedisce alla complicata e variabile influenza dei venti e delle circostanze locali. Al di sopra dei deserti africani od arabici, rara è la loro apparizione, scacciati come sono i vapori dalla continua colonna ascendente di aria dilatata e calda ed asciutta. Copiosissime, invece, sono d'ordinario le nubi nei paesi di montagna.

La *Rugiada*, quel deposito di liquide goccioline che la prima luce mattutina fa, come perle e diamanti, brillare sulle piante, ha la sua origine nella condensazione del vapore atmosferico sulle sostanze che durante la notte furono abbastanza raffreddate per

l'irradiazione o la perdita di calore attraverso all'aria. — Le prime esatte esperienze e la prima vera teoria della rugiada sono dovute al medico inglese Wells.

Un fiocco di lana molto asciutto, del peso di 10 grani, esposto all'aria, ma sotto una tavola con quattro sostegni, non aumentò il suo peso in una notte che di 2 grani di umidità; mentre, invece, un fiocco eguale, posto al di sopra della tavola, guadagnò 14 grani; ed un altro, collocato sull'erba, 16 grani. Tre termometri, sostituiti ai 3 fiocchi di lana, si abbassarono di più dov'era più abbondante la rugiada. Dall'altro canto, i corpi che perdono difficilmente il calore, come i metalli, restavano asciutti, nell'atto che, accanto ad essi, le sostanze dotate di molto potere radiante si coprivano di rugiada. Il ciel sereno favorisce il raffreddamento e quindi la rugiada; basta il passaggio di una nube, che renda calore in ricambio di calore, per fermare il fenomeno. Minore quantità di rugiada si forma nelle valli, che sulle colline, d'onde scorgesi maggiore estensione di libero cielo.

Quando la notturna irradiazione fa scendere la temperatura dei corpi al dissotto dello zero termometrico, il vapore acqueo si condensa in ghiaccio, ed invece della rugiada abbiamo la *brina*.

Allorchè l'umidità atmosferica raccolta nelle nubi si condensa e si precipita, avviene la *Pioggia*; sebbene Humboldt, Arago ed altri osservatori ricordino rari casi, nei quali questa è caduta a ciel sereno, senza aver passato attraverso alla forma nubilosa.

VII.

Le quantità d'acqua che cadono annualmente su ciascuna parte della terra (dice l'illustre Sig. Quetelet nel suo classico trattato di *Meteorologia*) formano uno dei più interessanti studi, ai quali possa consacrarsi lo spirito investigatore dello scienziato. Cotali studi sono nuovi ancora, non essendosi fatte, sino al presente, ricerche metodiche, per poter determinare le leggi di questo

fenomeno, la cui esistenza misteriosa appartiene piuttosto alla Fisica del Globo propriamente detta, che alla pura Meteorologia.

Gli strumenti generalmente adoperati per misurare le quantità di acqua caduta, sono i *Pluviometri* e gli *Udometri*.

La forma più comune di questi strumenti è indicata nelle due figure che seguono:

La prima di esse ci presenta la forma pressocchè di un imbuto, avente, nella sua parte superiore, un'apertura di un decimetro di diametro. Questo recipiente conico è saldato ad un tubo cilindrico di 16 centimetri di lunghezza su 3 $^1/_2$ centimetri di diametro: si è attraverso ad un tubo dello stesso asse, ma più stretto, che l'acqua scende a raccogliersi nel serbatoio inferiore, il cui orifizio trovasi incorporato nei tubi in questione.

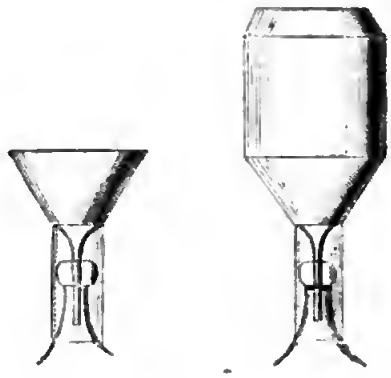


Fig. 48. — Udometri.

Il secondo udometro non differisce dal primo, se non per la superiore sua parte, dove invece di ristringersi subito, come nello imbuto comune, le pareti vanno ampliandosi, formando un cono troncato, la cui gran base inferiore si appoggia sopra un cilindro di un decimetro di altezza; per guisa che, mentre il primo serve a raccogliere l'acqua di pioggia, il secondo invece può raccogliere la neve e la grandine, senza che sieno queste portate via dal vento. Lo scolo dell'acqua si opera nel secondo, come nel primo udometro.

Le indicazioni di questi due strumenti sono ben di rado concordi: in caso di neve o di grandine, il secondo dà, in generale, più acqua che il primo; ed il contrario avviene in caso di pioggia tranquilla. È chiara la cagione: nel secondo udometro, l'acqua deve bagnare e percorrere una superficie maggiore, talchè se ne

perde una proporzione tanto maggiore, quanto la pioggia fu più debole e di più lunga durata. Si è quasi soltanto durante i grandi acquazzoni, che i due udometri accusano esattamente gli stessi valori. Quetelet ha del pari osservato che, quando un udometro è nuovo, perde una piccola quantità dell'acqua che dovrebbe raccogliere, massime se fu dipinto ad olio. Si formano allora goccioline sulle pareti, soggiornando sulle quali, finiscono per evaporarsi.

Esaminando superficialmente le tavole contenenti l'indicazione delle quantità di annua pioggia dei diversi paesi, si può essere indotti a concluderne questa legge generale: che, cioè, *queste quantità stiano in ragione inversa delle latitudini*. Verso le regioni polari, esse sono minime; sono ancora assai deboli nelle regioni boreali e centrali d'Europa. A Breslavia, in Prussia, la quantità di pioggia annualmente raccolta non è che di 352$^{m.m.}$, 8; ad Upsala, in Isvezia, di 397$^{m.m.}$; a Praga, in Boemia, 388$^{m.m.}$. La quantità di annua pioggia va aumentando, invece, a misura che ci accostiamo di più all'equatore: a Brusselle è di 700$^{m.m.}$; più al basso, a Ginevra, Lione, Montpellier, Padova, Milano, Torino, Firenze, Roma, Napoli, questa quantità vale da 800 a 900$^{m.m.}$; più abbasso ancora, il suo valore diventa 1,000, 1,200, 1,400$^{m.m.}$.

Esiste effettivamente questo progressivo aumento. — Ma andrebbe errato chi lo reputasse perfettamente regolare, giacchè si incontrano frequentissime eccezioni alla legge summentovata. Talvolta l'altitudine dei luoghi al di sopra del livello del mare può fornire spiegazione delle differenze osservate; ma, fatte anche tutte le neccesarie correzioni di altitudine, si è lontani ancora dal pervenire ad un uniforme e costante incremento. Mentre sul bacino del Mediterraneo, troviamo acque abbondanti; varcato questo, incontriamo una vasta regione lungo tutto il tropico del Cancro, e comprendente il Sahara, l'Egitto, l'Arabia, gli Stati dell'Iran, poi rialzantesi nella Mongolia, nella Cina e nel Giappone, regione sulla quale le pioggie sono relativamente minime. Questa regione di scarsa pioggia si riproduce ancora sulla costa occidentale di America,

e merita una particolare attenzione; tanto più ch'essa sembra riapparire (sebbene meno accentuata) dall'altro lato del tropico di Capricorno.

Oltre alla latitudine, all'altitudine, alle circostanze climatologiche ed atmosferiche, la natura stessa del suolo sembra esercitare una certa influenza sulla quantità annuale di pioggia cadente nei diversi luoghi.

Ecco, del rimanente, una tavola, che gioverà, crediamo, a spargere qualche lume sul singolare fenomeno, che andiamo disaminando:

QUANTITA' DI PIOGGIA PER STAGIONE.

Luoghi	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Anno	Altezza	Latitud.
	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.		
Breslavia	55,7	77,3	139,8	80,0	352,8	140m	51° 6'
Praga	56,7	94,0	158,9	79,0	388,6	191m	50° 5'
Upsala	67,7	74,8	140,9	113,8	397,2	—	59°52'
Wurzborgo . . .	103,5	104,0	107,8	85,5	400,8	160m	49°48'
Francoforte S. M. .	59,8	113,1	179,7	73,0	425,6	117m	50° 7'
Oremborgo . . .	91,2	102,7	140,9	97,0	431,8	—	51°45'
Nertschinsk . . .	8,3	42,6	306,3	86,6	443,8	—	51° 5'
Pietroborgo . . .	74,5	73,4	171,1	129,7	448,7	—	53°56'
Helsingfors . . .	97,3	88,3	103,7	173,2	462,5	—	60°10'
Vienna (Austria) .	82,5	98,3	164,4	101,4	446,6	156m	48°13'
Madrid	42,5	109,5	43,5	252,5	448,0	663m	40°25'
Barcellona . . .	87,5	125,5	82,6	194,1	489,7	—	41°22'
Danzica	73,6	88,1	179,4	120,7	461,5	10m	54°21'
Tolone	111,0	115,2	44,3	206,5	477,0	—	43° 7'
Londra	102,1	96,3	143,1	147,7	489,2	—	51°31'
Stettino	91,4	103,8	197,1	118,7	511,0	27m	53°35'
Berlino	112,3	110,4	181,2	117,9	521,8	39m	52°31'
Marsiglia	132,8	118,5	55,1	205,6	512,0	45m	43°18'
Parigi	111,8	131,9	151,9	142,2	537,8	64m	48°50'
Versailles . . .	111,3	152,4	162,3	137,8	563,8	—	48°18'
Bologna	98,3	98,0	147,3	170,8	514,4	82m	44°30'
Stoccolma . . .	77,1	83,5	192,5	168,9	522,0	41m	59°21'
Dresda	97,4	115,7	209,9	116,3	539,3	121m	51° 3'
Coblenza	91,1	135,3	197,6	139,9	563,9	—	50°22'
Riga	81,6	99,1	224,7	166,4	571,8	—	56°57'
Palermo	212,8	130,6	32,5	203,8	579,7	—	38° 8'
Copenaga . . .	125,8	116,3	180,8	161,0	583,9	—	55°41'
Iena	95,3	149,2	207,9	133,7	586,1	162m	50°56'
Bristol	121,2	141,7	136,6	191,0	590,5	—	51°27'
Abo	119,5	98,6	184,0	199,9	602,0	—	60°27'

QUANTITA' DI PIOGGIA PER STAGIONE.

Luoghi	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Anno	Altezza	Latitud.
	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.		
Oxford	120,9	144,8	180,3	186,4	602,4	—	51°46′
Stoccarda . . .	106,2	144,0	215,5	149,6	615,3	248m	48°46′
Treveri	147,9	116,2	192,2	169,7	626,0	156m	49°46′
Tolosa	130,7	176,6	150,5	168,2	626,0	152m	43°36′
Bordeaux. . . .	184,0	140,7	158,6	175,8	659,1	—	44°50′
Metz	143,1	144,2	183,1	189,6	660,0	—	49° 7′
Dijon	145,3	156,3	178,2	216,6	696,4	—	47°19′
Dusseldorf . . .	137,2	145,6	192,6	151,3	626,7	—	51°14′
Conisberga . . .	141,2	140,1	191,5	184,7	627,5	24m	54°43′
Edimborgo . . .	147,8	126,1	169,6	188,6	632,1	88m	55°57′
Tubinga	95,0	138,6	256,6	155,5	645,7	331m	48°31′
Gotha.	107,5	140,7	246,9	156,1	651,2	308m	50°57′
Lemberg. . . .	98,3	170,5	263,9	118,8	651,5	283m	—
Zwanenborgo .	126,4	143,5	196,8	220,5	657,2	—	52°15′
Amsterdam . . .	137,9	137,0	214,7	179,5	669,1	—	52°23′
Colonia	122,2	163,4	203,3	171,0	659,9	—	50°56′
Belgrado. . . .	122,7	164,5	218,7	160,3	663,2	—	44°48′
Gottinga	124,1	123,8	241,8	184,1	673,8	132m	51°32′
Lisbona	269,1	233,0	23,7	156,8	682,6	72m	38°42′
Eidelberga . . .	137,9	160,2	242,0	182,3	692,4	—	—
Breda.	176,9	135,6	225,3	183,1	720,9	—	51°35′
Groninga . . .	155,2	147,2	240,1	180,7	721,2	—	53°13′
Brusselle. . . .	163,1	156,6	211,0	193,1	723,7	58m	50°51′
Lovanio	151,1	155,8	224,2	189,6	720,7	30m	50°53′
Liegi	155,7	189,5	175,9	229,1	750,2	61m	50°40′
Gand	166,2	164,7	242,0	214,2	777,1	11m	51° 3′
Dublino	172,5	149,4	205,3	212,5	739,7	—	53°23′
Lilla	137,8	131,5	269,7	210,5	749,5	—	50°39′
Munster	163,2	174,0	223,1	189,8	750,1	63m	51°58′
Utrecht	192,4	143,8	218,7	217,0	771,9	—	52° 5′
Lione	130,8	184,6	226,3	188,0	776,7	—	45°48′
Napoli	221,4	176,0	83,9	303,7	785,0	55m	40°31′
Roma.	236,6	185,2	86,9	276,7	785,4	53m	51°54′
Ginevra	132,6	182,3	228,0	278,4	821,3	396m	46°12′
Montpellier . . .	232,6	183,7	105,4	300,9	822,6	—	43°36′
Zurigo	137,1	196,0	301,9	207,3	842,3	—	47°23′
Monaco	105,6	311,6	273,3	166,3	856,8	526m	58°49′
Padova	178,4	187,9	227,7	268,5	862,5	—	45°24′
Liverpool . . .	185,7	157,5	248,7	274,8	866,7	—	53°25′
Manchester . . .	206,5	174,6	250,8	270,2	902,1	47m	53°29′
Kremsmunster . .	158,5	201,9	374,1	195,4	929,9	364m	48° 3′
Firenze	258,0	247,6	133,7	324,9	934,2	64m	43°47′
Torino	140,8	287,5	284,5	242,0	954,8	279m	45° 4′
Milano	205,7	230,4	233,1	298,3	967,5	146m	45°28′
Losanna	154,7	204,6	378,3	283,8	1021,4	507m	46°31′
Stavelot	215,5	285,7	254,3	272,1	1027,6	344m	50° 0′

Digitized by Google

QUANTITA' DI PIOGGIA PER STAGIONE.

Luoghi	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Anno	Altezza	Latitud.
	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.	m.m.		
Valona	324,7	188,5	64,6	506,9	1084,7	—	40°27'
Gibilterra . . .	698,7	261,9	2,0	238,5	1204,1	—	36° 7'
Balona	232,8	269,2	302,6	444,8	1247,4	—	43°29'
Nantes	366,0	282,0	276,6	378,6	1303,2	—	47°13'
Ragusa	544,0	355,7	93,2	434,5	1421,4	—	42°38'
Nicolaief	368,0	234,2	628,5	370,8	1598,5	—	46°58'

La città di Genova in ordine al regime delle pioggie, come rispetto ad un gran numero di fenomeni meteorologici, deve, a mio giudizio, considerarsi come uno dei punti di più singolare importanza che presenti la superficie dell'Europa. Non riusciranno quindi, io credo, discari, su tale argomento, alcuni particolareggiati cenni, frutto di accuratissime osservazioni, fra le quali talune assolutamente nuove e comprendenti un periodo di ben 35 anni, fino al 1867 ora appena spirato.

Già fin dal 1846, il Prof. Garibaldi otteneva da un decennio di osservazioni i dati seguenti.

PIOGGIE DECENNALI IN ORDINE DEI MESI E NUMERI

DEI GIORNI PIOVOSI IN GENOVA

Mesi	Pioggie decennali mm.	Numero dei giorni piovosi	Rapporti delle pioggie ai giorni piovosi
Gennaio . .	1000,06	115	8,70
Febbraio . .	1326,86	95	13,97
Marzo . .	853,74	118	7,23
Aprile . .	1158,00	123	9,41
Maggio . .	1102,06	138	7,99
Giugno . .	500,14	78	6,44
Luglio . .	525,17	67	7,84
Agosto . .	1149,92	83	13,85
Settembre. .	1735,00	134	13,23
Ottobre . .	1437,42	109	13,19
Novembre. .	1730,18	147	11,77
Dicembre . .	942,60	106	8,89
Medie . .	1345,92	131	10,27

Per lo che, la media annuale, desunta dalle osservazioni del decennio 1833 = 1842, risultava di circa 1346$^{m.m.}$. Vedremo

or ora quale variazione subisca questa media, portando a 35 anni il periodo delle osservazioni. Se questa pioggia fosse uniformemente distribnita nei vari mesi dell'anno, la media mensile sarebbe di 112$^{m.m.}$. Si trova invece che nei mesi in cui più sovrabbonda, cioè in settembre e novembre, ne cadono 173$^{m.m.}$, e soltanto 50$^{m.m.}$ nei mesi nei quali più scarseggia, cioè giugno e luglio; nei mesi di aprile, maggio ed agosto, se ne raccoglie una quantità prossimamente uguale alla succennata media. Se paragoniamo fra loro le varie stagioni, troviamo che la massima proporzione cade in autunno ed è più che doppia della minima, che cade in estate; nell'inverno e nella primavera si hanno quantità pressochè uguali fra loro, corrispondenti circa ai due terzi della pioggia annuale. I giorni nei quali l'udometro raccoglie acqua in Genova, sommano a ben 131, cioè ad oltre il terzo dei giorni dell'anno. Gli annali meteorologici di questa città rammentano alcune date di straordinari rovesci d'acqua, fra le quali citerò quella del 25 agosto 1842, giorno in cui in meno di 10 ore caddero 247$^{m.m.}$ d'acqna; e quella del 25 ottobre 1822, giorno in cui sul suolo di Genova caddero non meno di 82 centimetri d'acqua, cagionando gravi disastri.

Fedele a quel principio che ho più volte enunciato, e che mi ha servito di norma in tutta la redazione di questo mio Corso, di porgere, cioè, ogniqnalvolta ciò m'è fattibile, esempi e fatti locali e pertinenti al mio nativo paese, ad illustrazione delle generali teorie della scienza ch'io vengo successivamente esponendo, presenterò er qui tre tavole affatto inedite finora, nella cui redazione io mi valsi della paziente ed illuminata cooperazione del Sig. Raffaele Drago, e riguardanti l'una le pioggie medie mensili, l'altra le medie pioggie annuali, raccolte in 35 anni di osservazioni in Genova, cioè dal 1833 al 1867. Pubblicherò tra breve, in un lavoro meteorologico speciale, che sto conducendo a termine, le tavole analitiche annuali, da cui queste medie furono desunte.

Digitized by Google

MEDIE ANNUALI DELLE PIOGGIE RACCOLTE NELL'UDOMETRO IN GENOVA NEL PERIODO DI 35 ANNI

Dal 1833 al 1867.

Media annuale della pioggia.	mm. 1285,983	
Massima assoluta di pioggia annuale.	mm. 1661,84	nell'anno 1833
Minima assoluta di pioggia annuale.	mm. 717,42	nell'anno 1864
Media annuale dei giorni piovosi.	125,8	
Massimo assoluto di giorni piovosi.	150	nell'anno 1855
Minimo assoluto di giorni piovosi.	92	nell'anno 1864
Media annuale dei massimi di pioggia avvenuti in 12 ore.	mm. 368,687	
Massima annuale assoluta dei massimi di pioggia avvenuti in 12 ore.	mm. 499,50	nell'anno 1867
Minima annuale assoluta dei massimi di pioggia avvenuti in 12 ore.	mm. 238,62	nell'anno 1864
Media della massima annuali di pioggia in 12 ore	mm. 54,784	
Massima assoluta di pioggia annuale in 12 ore.	mm. 193,00	nell'anno 1842 ai 25 aprile dalle 9 mattina alle 9 sera
Minima assoluta di pioggia annuale in 12 ore.	mm. 46,56	nell'anno 1866 dalle 9 sera del 18 alle 9 mattina del 19 febbraio
Media dei massimi del numero di giorni continui di pioggia.	10,3	
Massimo assoluto dei numeri di giorni continui di pioggia.	18	nell'anno 1839 dai 26 novem. ai 13 dicem.
Minimo assoluto dei numeri di giorni continui di pioggia.	6	nell'anno 1866 dai 27 febbraio ai 4 marzo e dai 16 ai 21 marzo
Media dei massimi del numero di giorni continui senza pioggia.	23,1	
Massimo assoluto dei numeri di giorni continui senza pioggia.	33	nell'anno 1854 dai 19 marz. ai 20 apr.
Minimo assoluto dei numeri di giorni continui senza pioggia.	14	nell'anno 1833 dai 24 ott. ai 6 nov.

La media annuale della pioggia (mm. 1285,983) : alla media annuale dei massimi di pioggia avvenuti in 12 ore, rappresentante la media dell'acqua raccolta in 144 ore, (mm. 368,687)::1 : 0,287.

MEDIE MENSILI DELLE PIOGGIE RACCOLTE NELL'UDOMETRO IN GENOVA NEL PERIODO DI 35 ANNI

Dal 1833 al 1867.

MESI	MEDIA			ESTREME MENSILI				Media dei massimi mensili di pioggia in 12 ore.	Massima assoluta mensile di pioggia in 12 ore.	Minima assoluta mensile di pioggia in 12 ore.	EPOCA						ANNOTAZIONI
	della pioggia	di giorni piovosi	della pioggia per giorno piovoso	Massima pioggia raccolta	Minima pioggia raccolta	Massimo de' giorni piovosi	Minimo de' giorni piovosi				della massima assoluta	della minima assoluta	del massimo de giorni piovosi	del minimo de giorni piovosi	della massima assoluta in 12 ore	della minima assoluta in 12 ore	
	mm.		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.							
Gennaio.	140,518	12,37	8,93	435,15	11,24	20	2	27,836	73,22	4,80	1845	1864	1852	1864	1845 (1)	1852 (2)	(1) Dalle 9 s. del dì 1 alle 9 m. del 2.
Febbraio	111,197	9,37	11,87	340,18	0,01	20	9	29,967	91,23	0,40	1843	1834	1843 / 1855	1851	1853 (3)	1854 (4)	(2) » 9 m. alle 9 s. del dì 13.
Marzo.	93,388	10,80	8,35	293,07	0,98	21	1	31,097	57,70	0,39	1866	1834	1866	1851	1837 (5)	1834 (6)	(3) » 9 m. » 9 s. » » 4.
Aprile.	95,000	11,51	8,25	285,80	9,77	22	3	21,800	72,38	9,35	1866	1865	1837	1864 / 1865	1849 (7)	1865 (8)	(4) » 9 s. del dì 17 alle 9 m. del 18.
Maggio.	91,808	13,86	7,16	310,19	7,38	20	3	27,576	54,13	9,85	1840	1864	1914	1847 / 1860	1850 (9)	1864 (10)	(5) » 9 s. » 11 » 9 m. » 12.
Giugno.	54,251	8,43	6,44	206,79	3,98	17	2	24,086	77,50	1,43	1869	1839	1917	1851	1862 (11)	1836 (12)	(6) » 9 s. » 12 » 9 m. » 13.
Luglio.	35,386	5,80	9,10	115,79	0,39	19	1	14,282	58,70	0,35	1833	1869	1833	1862	1832 (13)	1862 (14)	(7) » 9 s. » 13 » 9 m. » 14.
Agosto.	71,653	7,60	9,43	347,69	1,17	19	1	34,127	193,00	0,15	1835	1848	1835	1864	1849 (15)	1848 (16)	(8) » 9 m. alle 9 s. del dì 3.
Settemb.	138,681	10,94	12,68	320,59	3,60	21	9	41,017	92,90	3,43	1839	1865	1833	1834 / 1865	1851 (17)	1865 (18)	(9) » 9 s. del dì 9 alle 9 m. del 7.
Ottobre.	210,040	13,03	19,09	491,90	16,19	24	4	50,276	119,70	10,56	1853	1833	1846	1860	1856 (19)	1833 (20)	(10) » 9 m. alle 9 s. del dì 5.
Novembre	171,766	13,03	13,16	315,91	21,10	24	9	44,367	100,00	4,60	1839	1866	1838	1856	1839 (21)	1866 (22)	(11) » 9 m. » 9 s. » 12.
Dicembre	103,288	10,00	10,33	246,98	1,13	21	1	32,313	81,60	1,13	1860	1834	1839	1834	1837 (23)	1824 (24)	(12) » 9 m. alle 9 s. del dì 13.
Med. mens	107,163	10,18	9,91	328,41	9,26	20,1	2,5	31,563	89,26	9,74							(13) » 9 m. » 9 s. » 9.
																	(14) » 9 s. del dì 9 alle 9 m. del 10.
																	(15) » 9 m. alle 9 s. del dì 30.

MEDIE PER ISTAGIONE DELLE PIOGGIE RACCOLTE NELL' UDOMETRO

IN GENOVA NEL PERIODO DI 35 ANNI.

Dal 1833 al 1867.

STAGIONI	Quantità media di pioggia	Numero medio di giorni piovosi	Media della pioggia per giorno piovoso	Media dei massimi di pioggia in 12 ore
	mm.		mm.	mm.
Primavera	279,496	35,17	7,937	70,471
Estate	164,295	21,83	7,388	72,493
Autunno	530,490	37,04	14,052	135,660
Inverno.	325,003	31,74	10,240	90,146
Medie per Istagione	321,496	31,44	9,906	92,185

Il metodo grafico, al quale così utilmente ci siamo appigliati tante volte nel corso di queste lezioni, fu anche vantaggiosamente applicato alla distribuzione geografica delle pioggie nelle varie parti del globo; e noi porgiamo nella annessa tavola una rappresentazione delle leggi generali, alle quali questa distribuzione sembra obbedire.

Ci si presenta, in prima linea, la zona equatoriale, avvolta nel suo anello di nubi, e sulla quale la pioggia cade quasi ogni giorno in gran copia, a cagione del miscuglio di masse di aria sature di umidità con strati più freddi, miscuglio che si opera sotto un ardente sole. Non è rarissimo il caso di bastimenti a vela colti in quelle zone da calme abbastanza prolungate, e accompagnate da pioggie abbastanza forti, per rendere quasi completamente (benchè per breve tempo) dolce l'acqua alla superficie del mare.

Tutto il vapore svolto da quella immensa caldaia equatoriale non ricade già in pioggia sul luogo stesso; ma una grande porzione viene trasferita verso i due poli dalle correnti atmosferiche supe-

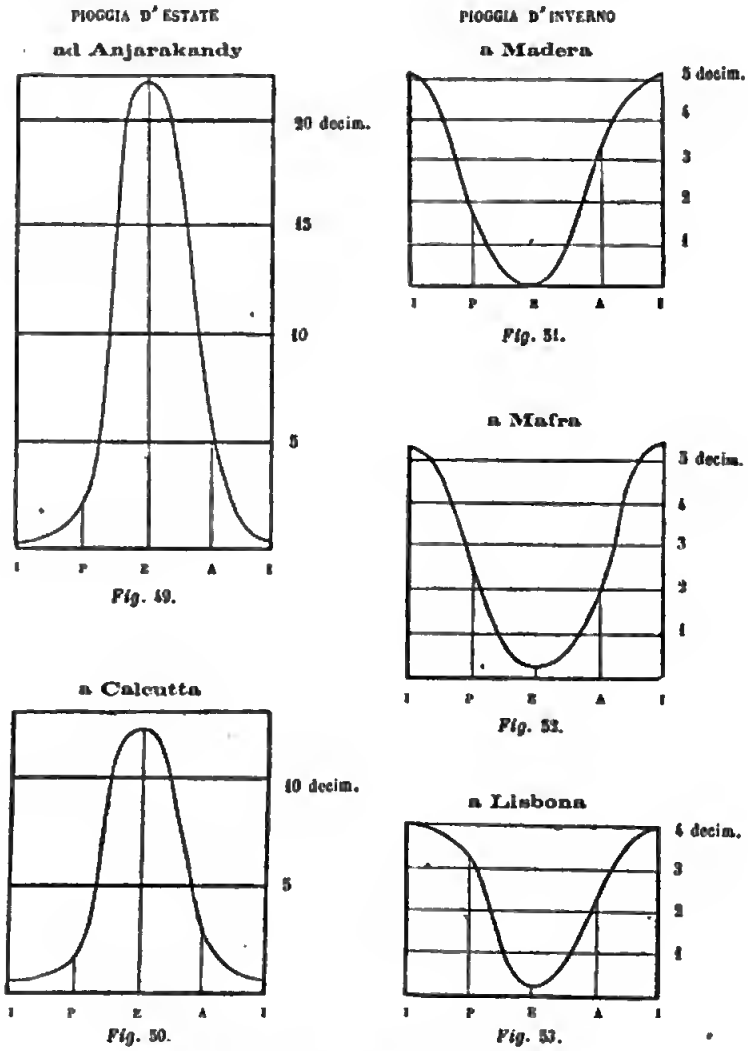
riori agli alisei e procedenti in senso opposto a questi venti costanti. Questi vapori incontrano la superficie terrestre in una regione, i cui limiti variano col movimento apparente annuo del sole, ma che in media trovasi compresa fra i tropici. È questa la regione delle pioggie periodiche, di quelle pioggie che determinano le regolari escrescenze ed alluvioni dei grandi fiumi, che ivi hanno le loro sorgenti ed in tutto od in parte il loro corso. L'Amazzone e l'Orenoco in America, in Africa il Nilo, in Asia il Gange, l'Irawady, il Meiuam, il Cambodie ed altri fiumi sono in questo caso *(V. la Lez. XXVII^a)*.

Nelle nostre latitudini temperate, la mistura degli strati saturi con gli strati refrigeranti, che produce la pioggia, non risulta più (come sotto l'equatore ed i tropici) da colonne ascendenti che incontrino zone superiori di aria fredda, ma bensì da correnti orizzontali di diversa temperatura e di opposta direzione. E siccome queste correnti sono dipendenti da molte svariate cagioni, perciò non costanti e non periodiche, quindi è che la pioggia cade, in queste latitudini, in tutte le epoche dell'anno, ma particolarmente in primavera ed in autunno, quando il cambiamento di stagione determina più frequente il miscuglio delle faldo umido con le refrigeranti.

Nel nostro emisfero, a mezzodì del tropico del Cancro e della zona dei deserti che vi corrisponde, le pioggie sono estive, coincidono cioè con la stagione in cui il sole è più prossimo allo zenit. A settentrione invece, ma a non grande distanza di quella zona, le pioggie cadono nella stagione invernale; e ciò più specialmente nelle parti occidentali dei continenti. Il Sig. Mariè-Davy ha reso manifesta questa opposizione nelle cinque figure seguenti *(Fig. 49-53)*, che io riproduco dal suo bel Trattato di Meteorologia, e nelle quali le stagioni sono indicate con le iniziali: I *(Inverno)*, P *(Primavera)*, E *(Estate)*, A *(Autunno)*.

Ma, a misura che ci avanziamo verso i poli, il regime delle pioggie diventa meno regolare, la siccità estrema e l'estrema

piovosità, divise per stagioni, scompaiono man mano, le pioggie son più diffuse nel corso dell'anno, e talvolta si scorge anzi



Regioni delle Pioggie estive e delle invernali.

capovolgersi la loro distribuzione per stagioni, come apparisce nelle figure seguenti *(Fig. 54-63)*, ch'io estraggo dal citato autore.

Il regime pluviale dei paesi, ove regnano i Monsoni, è affatto

PIOGGIE DELLE REGIONI TEMPERATE DI EUROPA.

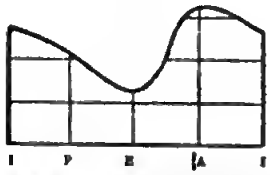


Fig. 54. — Zona Appenninica.

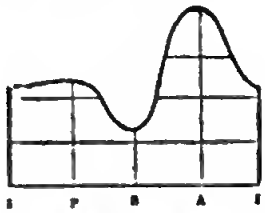


Fig. 55. — Bacino inferiore del Rodano.

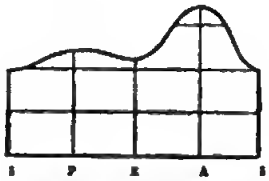


Fig. 56. — Bacino superiore del Rodano.

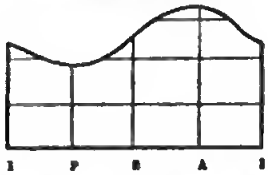


Fig. 57. — Francia Occidentale.

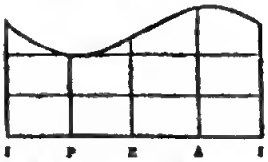


Fig. 58. — Inghilterra Occidentale.

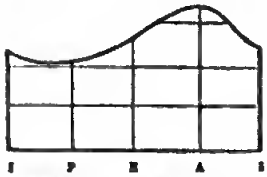


Fig. 59. — Inghilterra Interna.

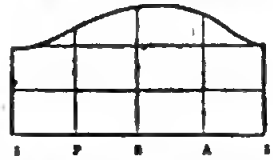


Fig. 60. — Francia Orientale.

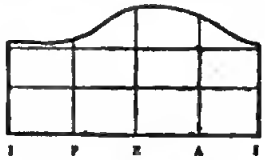


Fig. 61. — Ginevra.

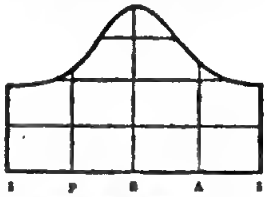


Fig. 62. — Germania.

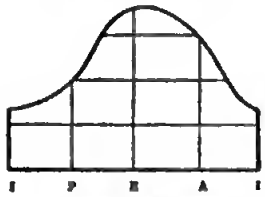


Fig. 63. — Pietroborgo.

eccezionale. I grandi deserti dell'Asia Centrale, il Gobi, la Tar-

Tavola IX DISTRIBUZIONE DELLE PIOGGIE SUI CONTINENTI Pag 774

Digitized by Google

Digitized by Google

taria, la Mongolia esercitano (noi lo abbiamo veduto nella XIV^a Lezione) una energica aspirazione, che produce i venti del Sud-Ovest. Saturi dei vapori dell'Oceano Indiano e del mare di Oman, questi venti incontrano ad angolo retto le catene dei monti Gatti, gli Apennini dell'India, e vi depongono una enorme quantità di pioggia. Percorsa la penisola Indostanica, giungono alla immensa parete dell'Imalaja, dove la temperatura è anco più bassa; e i vapori vi si condensano in forma di nevi e di pioggie, che vanno poi ad alimentare i giganteschi corsi dell'Indo, del Gange e del Bramapatra. Si è appunto in una delle gole dell'Imalaja, a Cherapondschi, che il pluviometro ha dato il limite massimo delle pioggie cadenti sul globo, cioè 17 metri all'anno! A Genova, che pur Napoleone I qualificava col poco lusinghiero nome di *Pot de Chambre* dell'Alta Italia, questa media non arriva (noi lo vedemmo più sopra) a 1286$^{m.m.}$ circa. La città d'Europa, ove piove di più, è Coimbra, in Portogallo, ove il pluviometro giunge a segnare 3 metri.

L'impero dei Monsoni nella penisola Indostanica vi produce altre caratteristiche conseguenze nel regime delle pioggie. La costa occidentale è piovosa finchè dura il monsone di S. O., regnandovi invece la stagione asciutta durante il monsone di N. E. Il contrario si verifica per la costa orientale, sebbene le pioggie siano meno abbondanti sui lidi del Coromandel che su quelli del Malabar, essendo il Golfo del Bengala meno esteso dell'Oceano Indiano. Nelle due figure seguenti *(Figura* 64 *e* 65*)* noi presentiamo le curve delle medie mensili d'acqua caduta in due punti situati alle due estremità, boreale ed australe, della intertropicale regione dell'Oceano Indiano, Calcutta e S. Benedetto (Isola Borbone). Nella prima di queste città la massima pioggia cade in giugno; la stagione piovosa vi dura da maggio a settembre, e l'asciutta da ottobre a maggio. Nella seconda, per contro, il mese più umido è gennaio; la stagione delle pioggie è da novembre a maggio; l'asciutta da giugno a novembre. Dalla prima delle indicate figure si vede anche la relazione tra la

pioggia e la temperatura; relazione che ancora più evidente apparisce dalla Figura 66.

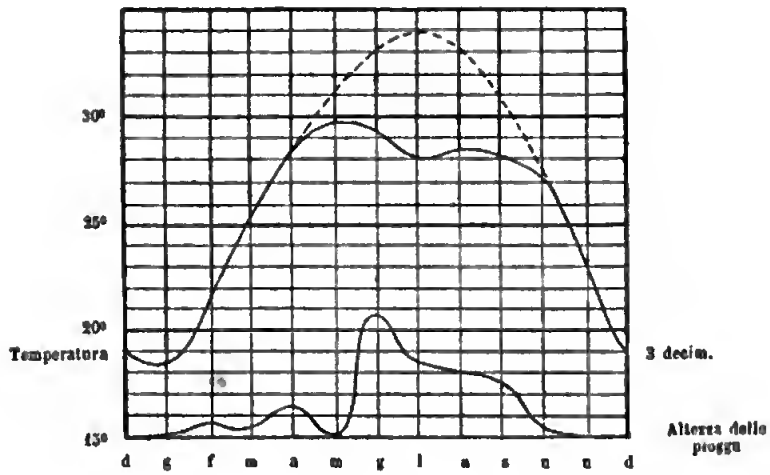


Fig. 64. — Medie mensili delle Temperature e delle Altezze di acqua, a Calcutta.

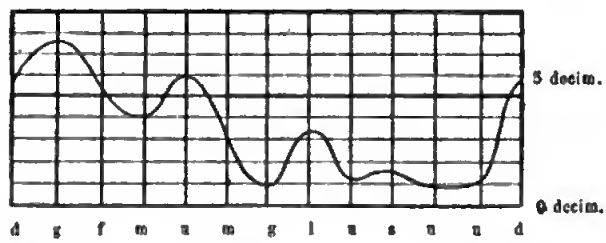


Fig. 65. — Medie mensili dell' Altezza di acqua piovana nell' Isola Borbone.

Vi sono due vaste classi di regioni, nelle quali la pioggia è rarissima e quasi sconosciuta. L'una è quella dei deserti, nei quali dall'arida superficie del suolo non si svolgono vapori, ed, al tempo stesso, se ne innalza una potente colonna ascendente di aria dilatata, calda ed asciutta, la quale respinge i vapori che vi potrebbero essere portati dai venti regnanti nelle regioni superiori

della atmosfera. Io però rammento di aver goduto nel maggio del 1865 il gradito spettacolo di una breve pioggia mattutina nel

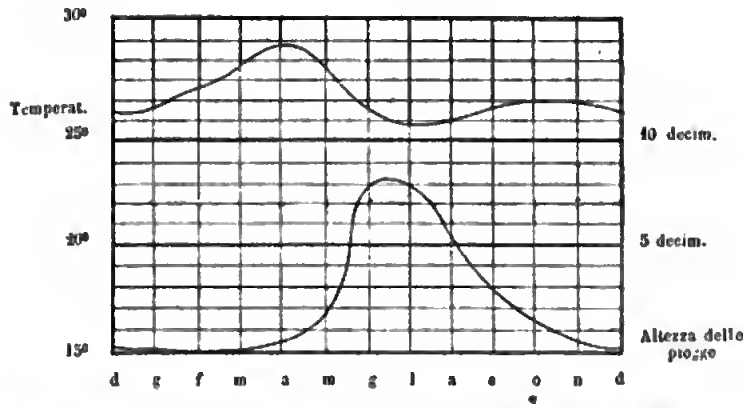


Fig. 66. — Medie mensili delle Temperature e delle Altezze di acqua piovana ad Anjarakandy.

bel mezzo di uno dei più aridi e sabbiosi deserti del mondo, del deserto di Suez.

L' altra plaga mancante di pioggia durante la massima parte dell' anno, è la zona delle nevi eterne o permanenti, zona che, a sua volta, comprende due distinte classi di regioni. In primo luogo, le regioni circumpolari, al di là del 60mo grado di latitudine, in entrambi gli emisferi, ove in inverno non piove giammai, a cagione dell' estrema rarità del vapore di acqua, e del freddo intenso, che riduce in neve od in ghiaccio il vapore che può formarvisi. La seconda suddivisione è quella delle regioni costituite a grandi altitudini sul livello dei mari. Il vapore d' acqua, trasportato verso le cime de' monti dai venti, vi si condensa, si congela, sotto l' influenza del freddo, e cade in forma di neve, anche nei più caldi mesi della estate. Il limite di altitudine ove questo fenomeno accade, varia (come già sappiamo) a seconda delle latitudini; e, mentre nello Spitzberg è a 0^{m}, e nell' isola di Beeren si verifica a 300 metri sul livello del mare, al Capo Nord è già a 700 metri, in Islanda a 936, sulle Alpi a 2700, nell' Ap-

pennino a 2900, nelle Cordigliere a 4800; nel Killimangiaro in Africa a 5200, sul versante boreale dell'Imalaia a 5300 metri.

Sonvi paesi, nei quali le subite pioggie, versandosi sopra un terreno abitualmente aridissimo, determinano devastatrici inondazioni, perchè non assorbite dal suolo. Tale è l'Abissinia. Non ha guari, il re Teodoro campeggiava col suo esercito nella stretta e dirupata *kolla* o valle del Bakilo. Una divisione intera erasi attendata precisamente nel letto del fiume. Ma a trenta leghe circa a monte, era, poco prima, piovuto in abbondanza; e quando meno i soldati Abissini pensavano al pericolo, una gialla, spumante e rabbiosa massa di acque rovesciavasi nella valle, schiantando e rotolando, come paglie, gli alberi secolari, e come briccioli di ghiaia gli enormi frantumi di scogli, e i battaglioni di soldati con le loro donne ed i loro fanciulli, come nidiate di formiche. È ben noto al mio Uditorio che un fatto simile ricordano le Storie Genovesi, narrando come i Tedeschi, attendati nella Polcevera per l'oppugnazione di Genova, fossero trascinati al mare dal torrente ingrossato in repentina e furiosissima guisa. — Oh perchè non vi fu sempre una Polcevera sul cammino di tutti gli eserciti stranieri, che scesero in Italia!

LEZIONE XVIII.

Le Idrometeore ed i Ghiacciai

SOMMARIO.

La Pioggia (segue). — Influenza dello Sboscamento. — La Neve. — Leggi della sua formazione e distribuzione geografica. — Influenza della neve sulla vegetazione. — La Natura artista, e le forme dei fiocchi di neve. — I Ghiacciai. — Loro numero ed estensione nelle Alpi, nell' Imalaia, nelle regioni polari ecc. — Teoria della loro graduale formazione. — Ghiaccio fossile. — Movimento dei ghiacciai e sue leggi. — Teorie di De Saussure; — di Charpentier; — di Forbes; — di Tyndall ecc.

I.

Signori,

Il dotto Sig. Marsh, nel suo bel libro intitolato *Physical Geography as modified by Man*, si adopera a mostrare come la superficie della terra abitata dall'uomo venga dalle opere della nostra razza profondamente trasformata, talvolta nel senso del miglioramento, tal altra pur troppo in quello della deteriorazione.

Un esempio di questa azione modificatrice esercitata dall'uomo sulla natura, ci è fornito appunto da quello studio delle meteore acquee, che noi abbiamo nella scorsa lezione incominciato.

Numerose ed accurate osservazioni hanno posta in chiaro la influenza che le foreste esercitano sulla quantità e sulla distri-

buzione delle pioggie. Cristoforo Colombo ne fa menzione nel suo « Giornale di viaggio », là dove l'immortale navigatore attribuisce alla estensione delle profonde selve che ammantavano i fianchi delle montagne dell'isola della Giamaica, l'abbondanza delle pioggie diluviali, alle quali fu egli esposto veleggiando lungo i lidi di quella bella contrada. E l'arguto e sapiente osservatore notava, in quella occasione, come « per lo addietro, le pioggie non fossero punto meno copiose a Madera, nelle Canarie e nelle Azorre; ma dacchè (soggiungeva egli) la scure atterrò gli alberi, che ombreggiavano quelli arcipelaghi, le acque vi son divenute più rare ».

Navigando l'Adriatico, l'Ionio, l'Egeo e l'Arcipelago, io mi sentiva stringere dolorosamente il cuore, all'aspetto nudo, brullo e squallidissimo, che presenta, da una parte, la costa di Grecia, ove i torrenti giungono al mare sopra una parete quasi verticale di ciottoli e sabbie; e più amare ancora si facevano le mie riflessioni, quando, accostandomi, verso ponente, alle terre italiche, io le scorgeva avviarsi anch'elle a gran passi allo stesso destino. Lo stato fisico delle due contrade sta nel medesimo rapporto in cui stanno le date cronologiche della loro istoria e della loro civiltà. Tolgano i fati che l'imprevidenza della stirpe latina duri sì a lungo e sia così severamente punita, come quella della razza sorella!

Fu dimostrato da Humboldt che, al di sopra delle regioni nemorose, esiste una irradiazione frigorifica, la quale fa condensare i vapori. — Le vette de' monti coperti di selve si avvolgono più spesso di nebbia, che non le denudate cime, e più frequenti vi sgorgano le fonti. — Le novelle piantagioni di tamarischi e di palmizi che si vanno da vari anni operando in Egitto, vi fanno (io lo udii affermare sui luoghi da giudici competenti) riapparire le pioggie, da gran tempo cessate.

Ecco ciò che racconta nel suo viaggio scientifico in America l'illustre Sig. Boussaingault: « Nella valle di Canca, è noto agli abitatori che il terreno molto acconcio alla coltivazione del Caccao, non dà favorevole risultato, se quella pianta, che non ama l'u-

midità, è posta in vicinanza delle foreste. Ma appena si operi il dissodamento o si trasformi il bosco in campo di yacca, di canna da zucchero, di grano turco, il che è quanto dire appena l'umidità si diminuisca, e tosto il Caccao prospera in modo straordinario ».

Nei primi miei studi di Economista, dominato, io lo confesso, dalla idea che dovere della scienza fosse il protestare energicamente contro la soverchia tendenza dell' autorità ad ingerirsi nelle private faccende, tendenza che, sotto pretesto di tutelare le boscaglie, avea più di una volta invaso e violato i sacrosanti diritti della proprietà, ho combattuto l' eccessivo ingerimento della pubblica Amministrazione nel regime delle selve. Ma dacchè vidi co' miei propri occhi i disastrosi effetti della imprevidenza, che ho sopra accennati; dacchè, passando due volte, ad intervallo di tre anni, il Moncenisio, io notai, con senso di vero sgomento, le funeste conseguenze dello sboscamento nelle Alpi Francesi; dacchè nella Svizzera ho potuto paragonare la sapiente silvicoltura dei Cantoni Protestanti al malgoverno de' boschi dei confinanti Cantoni Cattolici; dacchè, negli ultimi Censimenti della Francia, ho potuto riconoscere il progressivo spopolamento nei dipartimenti delle Basse Alpi, dell' Isera, della Drôme, dell' Ariège, degli Alti e Bassi Pirenei, della Lozera, delle Ardenne, dei Vogesi, in breve, di tutte le province, ove lo sboscamento si è andato operando in più energica proporzione, io mi sono convinto che qualche provvedimento debbano pur prendere l' Economia e l' Amministrazione pubblica, per impedire questo spaventoso danno sociale.

II.

Ma io lascio questo argomento agli Economisti ed ai Pubblicisti, e faccio ritorno allo studio delle Idrometeore. — Quando la temperatura delle nubi discende fino ad un limite, molto variabile con le latitudini, ma sempre basso, le loro gocciole si con-

gelano e formano la *Neve*, che in seguito traversa l'aria in candidi fiocchi, fino a che tocca il suolo.

In generale, nelle nostre zone temperate, si è a qualche grado sopra lo zero, e, più ordinariamente, a pochi gradi al di sotto, che si manifesta la neve. Ma nelle contrade boreali, questo fenomeno si produce durante le più basse temperature. Nel 1838 gli Accademici francesi la videro cadere a Bosekop con abbondanza, a — 20°, 6. centigradi. Sulle alte montagne, la sua caduta è frequente, quasi quotidiana; ivi essa copre una parte dei ghiacciai, e forma campi immensi, che non si fondono giammai. Il 12 d'agosto 1862 io la vidi coprire di un vasto bianco lenzuolo il ridente e tranquillo pianoro di Silvaplana nell'Engadina e le pendici pittoresche del Septimer, da una parte, e dello Splugen, dall'altra.

Sulla formazione della neve, molte cose si ignorano tuttora dalla scienza. Non possiam dire, per esempio, con chiarezza se il vapore d'acqua, repentinamente precipitato, si condensi dapprima in goccie liquide e poi si riduca in cristalli, o se direttamente si converta in quei ghiacciati aghetti esagonali che costituiscono la neve. Nettampoco possiam dire se i fiocchi si formino immediatamente quali noi li veggiamo, oppure se le prime congelate particelle ad altre si uniscano, nel traversare successivamente, che fanno, i vari strati dell'atmosfera.

Negli annali della Meteorologia, nulla è più vario e più irregolare della quantità di neve caduta nelle varie contrade e sovratutto nelle regioni nostre temperate. Nella città dove io vivo, l'illustre Prof. Garibaldi nell'anno 1846, calcolando sopra una media di 10 anni antecedenti, computava a 6 giorni all'anno i periodi di neve. Presentemente, io credo di non andare errato affermando che questa media è, in Genova, notevolmente superiore al vero; e se prendiamo l'ultimo quinquennio, forse i giorni di neve, in media, non arrivano a 3 all'anno. Il 29 novembre 1849 cadde a Roma un mezzo piede di neve, e contemporanea si ebbe una scossa di terremoto. L'anno 1850 fu segnalato, in tutta

l'Europa, da una nevicata affatto insolita. La neve si alzò a 45 piedi sul S. Bernardo; e, per uscire dal loro convento, i frati erano costretti a scavare una trincea attraverso alla congelata massa. Tutta l'Attica ne fu coperta, all'altezza d'un metro. Essa cadde in copia nelle vie di Napoli, nelle Ardenne, in Corsica, a Costantinopoli.

Cotesti fiocchi, raccolti sopra una superficie nera ed osservati col microscopio, presentano nelle loro forme una meravigliosa regolarità e bellezza. Keplero parla con viva ammirazione della eleganza di loro struttura; e, dopo di lui, la scienza ha descritto con somma cura quelle graziose cristallizzazioni, che obbediscono, nonostante la grande loro varietà, a leggi estremamente semplici. I cristalli di neve, dice il Sig. Tyndall, formati in una atmosfera calma, sono costrutti generalmente sullo stesso tipo; le molecole si dispongono a forma di stellette esagonali. Da un nocciolo centrale irradiano sei piccoli aghi, formanti, due a due, angoli di 60 gradi. Da cotesti aghi centrali escono, a destra ed a sinistra, altri aghetti più piccoli, tracciando anch'essi, con infallibile simmetria, il loro angolo di 60 gradi. Quei fiorellini a sei spigoli assumono le più svariate e mirabili forme, orlate dalle più fine frangiette, e coronate sovente in sugli angoli da tenui rose microscopiche. Così la bellezza si sovrappone alla bellezza, come se la natura, postasi una fiata all'opera, pigliasse vaghezza a mostrare, anche nella più angusta sfera, l'onnipotenza de' suoi mezzi di azione. Gli *atomi camminano in cadenza,* giusta l'espressione del poeta americano Emerson; essi seguono le leggi armoniose, che fanno della sostanza

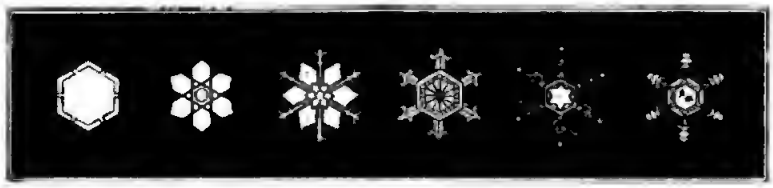


Fig. 67. — Cristalli di Neve.

la più comune della natura un miracolo di bellezza, agli occhi del nostro spirito maravigliato. La scienza non ispoglia punto la natura del poetico ammanto, che la riveste; chè anzi ci svela tesori di somma perfezione fin nelle cose più comuni! La temperatura, del resto, l'umidità, l'agitazione dell'aere modificano le figure. I fiocchi che cadono nello stesso tempo hanno generalmente la medesima forma; ma quando corre un intervallo tra due cadute, ogni nevicata presenta una novella varietà.

Sulle alte regioni montane, è raro veder la neve sotto l'ordinaria forma di fiocchi. L'estrema siccità dell'aria le fa assumere, in quelle eccelse altitudini, una struttura granulosa od aghiforme o pulverulenta, di cui potrete leggere, nella bella monografia sui *Ghiacciai* del Sig. Hüber, una minuta descrizione.

Sei parti di neve ed otto parti di muriato di calce producono istantaneamente un freddo straordinariamente intenso, che solidifica, in tredici secondi, venti libbre di mercurio, il che suppone un freddo di — 40 gradi. — Eppure, a malgrado di questa proprietà frigorifica, la neve contribuisce alla fertilità delle terre.

È nota ai coltivatori la benefica influenza che il suolo ritrae dal suo bianco lenzuolo di neve. Gli inverni del settentrione senza neve sono una calamità eguale a quella delle primavere senza pioggia nel mezzodì. Essa adempie, infatti, gli uffici di un vero diaframma che, riparando il suolo, lo sottrae al raffreddamento, cui andrebbe fatalmente soggetto nelle notti serene, irradiando il proprio calore nello spazio; ed in seguito, all'epoca dello squaglio, la neve giova di nuovo, inumidendo fortemente le terre.

Sulle alte giogaie montane, inferiormente al limite dei ghiacci permanenti, la neve lascia, quando scomparisce in primavera, il suolo coperto di erbe abbondanti, le quali hanno vegetato sotto la di lei protezione. Quelle verdi praterie si smaltano immediatamente di splendidi fiorellini, i bottoni dei quali sonosi formati sotto la neve. Erasi per l'addietro sovente tentato, ma indarno, di acclimare quelle piante alpine nei nostri giardini; quando un orticoltore ebbe l'idea, che a prima giunta ha dello strano, di

porli in inverno in una stufa, in mezzo agli aranci ed ai palmizi. I vegetali provenienti da quelle aspre altitudini, ove il clima è analogo a quello della Siberia, si sono per tal modo perfettamente conservati. Ciò proviene evidentemente dacchè i fiori trovano nella stufa le condizioni stesse, che a loro procura lo spesso strato di neve, di cui sono coperti nella nativa loro regione. Col suo debole potere conduttore, la neve li schermisce, come una stufa, dal freddo, e sovratutto dalle rapide vicende della temperatura, così fatali ai loro teneri organi.

III.

L'affinità naturale dell'argomento richiama ora la nostra attenzione ai *Ghiacciai*. — Sotto questo nome geologi e geografi indicano quelle vaste accumulazioni di ghiaccio, che riempiono le alte vallate delle catene montane e le regioni polari, e che nel Delfinato ed in Savoia chiamansi *glaciers*, in Isvizzera *gletcters*, *ferners* nel Tirolo, *Käs* nella Carinzia, e *vedretti* dagli Italiani abitanti delle alpestri regioni. Essi sono, nel più vero e preciso senso della parola, fiumi di ghiaccio, emissari dei campi delle nevi perpetue, che incoronano le alte cime e che assediano i poli.

Grande è il numero e vastissima sovente la estensione dei ghiacciai. Circa 600 se ne contano nella sola catena delle Alpi. Quello conosciuto sotto il nome di *Mare di ghiaccio*, presso Chamounix, ha 12 chilometri di lunghezza. Il ghiacciaio di Aletsch, nel Vallese, sbocca presso Viege, dopo una tratta di 24 chilometri; quello dell'Aar, nelle Alpi Bernesi, ne ha 8, con una larghezza massima di 1450 metri. Il Sig. Desor ha calcolato che il volume totale di questo ghiacciaio è di *due mila quattro cento milioni* di metri cubici di ghiaccio; la massa di quello di Aletsch è di *ventiquattro mila milioni* di metri cubici!

Queste moli sono ancora poca cosa, a paragone di quelle che si riscontrano nella gigantesca catena asiatica dell'Imalaia. Il capitano

Montgomerie ha misurato il ghiacciaio di Baltoro nella valle di Brahaldo, e lo ha trovato lungo 58 chilometri, e largo in media 3 mila metri. Il ghiacciaio di Biafo è una solida fiumana di 103

Fig. 68. — Ghiacciaio.

chilometri di lunghezza Nell' Imalaia occidentale, il capitano Godwin Austen (gli ufficiali inglesi non isdegnano di occuparsi, tra l'una e l'altra militare campagna, di queste cose) percorse il ghiacciaio che scende dal Mooztagh e dà la sorgente al Shiggar, poderoso affluente dell' Indo: esso ha 58 chilometri, come quello di Baltoro.

Nell' Imalaia, nel Caucaso, sulle Alpi, nei Pirenei, l' ampiezza dei ghiacciai è determinata dalla relativa altitudine della catena al di sopra delle sue vallate. Ma nelle terre polari o prossime ai

poli, i ghiacciai sussistono ad elevazioni di gran lunga minori. I monti Dofrini in Scandinavia, benchè poco alti, possiedono pur tuttavia numerosi campi di ghiaccio: quello di Lodal, sotto il 61° di lat. boreale, ha 9 chilometri di lunghezza, sopra 800 metri di larghezza, e finisce a 580 metri sul livello del mare. Il punto terminale di quello di Nygaard non è che a 340 metri di altitudine. In Islanda o nell' isola di Giovanni Mayen, i ghiacciai raggiungono il livello dell' Oceano. Nello Spitzberg (lat. 77° a 81°) tutte le valli sono ripiene di ghiacciai, i quali non solo scendono fino al lido, ma s' inoltrano nell' onda, formando inclinati baluardi sopra una ostensione, che talora (come nel ghiacciaio di Bellsound) ha 18 chilometri di lunghezza. La calda corrente del Messico viene di tratto in tratto a fondere la base di quelle montagne di ghiaccio, dallo quali scoscendono a quando a quando enormi blocchi, che poscia le correnti polari portano natanti nelle più basse latitudini, a minacciaro, fin sotto al parallelo di Terra Nuova, i bastimenti che traversano l' Atlantico.

Nella baia di Kotzebue, a S. O. dello stretto di Behring, Seeman, il naturalista dell'*Herald,* osservò, nel 1850, un ghiacciaio che presentava una ben notevole singolarità. Al di sopra del pendio terminale del ghiacciaio, i marinai inglesi videro con sorpresa una massa argillosa dello spessore da 1 a 7 metri, che posava direttamente sul ghiacciaio; superiormente ad essa stendevasi un letto di torba, ricca di una fitta vegetazione di arbusti o di erbe. In quella terra argillosa Seeman raccolse grossi ossami di elefante, di cavallo, di renna, di bue muscato. Una delle difese di avorio era lunga 4 metri e pesava 70 chilogrammi, il peso di un uomo. — Ora, fa d' uopo ricordarci che quella specie di elefante nordico, o mammouth, è un animale fossile, una razza perduta, la quale non trovasi più, da chi sa quante migliaia di anni, vivente nell' emisfero boreale. Quel ghiaccio adunque su cui sorgeva l' argilla e poi la torba, era contemporaneo dell' elefante, anzi anteriore ad esso; quel ghiacciaio adunque non appartiene all' epoca attuale; è un vero ghiacciaio fossile, *una rocca d' acqua* sopravvissuta allo età

anteriori alla nostra. Le acque provenienti dalla fusione delle nevi deposero sulla superficie di quel ghiaccio lo strato di argilla, che probabilmente non è se non l' impalpabile fanghiglia formata dalla macinazione delle rocce per opera dei ghiacci in movimento; e quelle acque istesse vi trascinarono le ossa degli animali, periti nelle adiacenze. I licheni e le erbe si svilupparono su quell' argilla e col tempo si convertirono in torba, sulla quale a poco a poco sorsero i più grossi vegetali, amici del suolo spugnoso delle torbiere. Protetto da questo ricco ammanto di terra e di vegetazione, il ghiaccio non si fuse giammai, e l' acqua potè così conservarsi allo stato solido, attraverso alla più lunga serie di età. — Mirabile conferma della teoria delle cause attuali, che la filosofia naturale viene oggimai sostituendo ai vieti sistemi dei violenti cataclismi della Natura!

Nella sua bella relazione del viaggio del *Beagle*, intitolata *Journal of researches into the natural history and geology*, il Sig. Darwin così descrive lo spettacolo dei ghiacciai della Terra del Fuoco: Egli è difficile immaginare cosa più stupenda dell' azzurro di berillo di quei ghiacciai, e specialmente del loro contrasto col bianco lividore della neve sovrastante. I frammenti ch' erano pur dianzi caduti dal ghiacciaio nell' acqua ondeggiavano lontan lontani... Noi aspettavamo con ansia che qualche nuovo blocco si precipitasse. Finalmente ecco cadere una poderosa massa con grande rimbombo, ed immediatamente un' alta ondata si avviò verso di noi . . . Ed in un' altra successiva parte del suo ottimo libro, lo stesso Autore soggiunge: Pressocchè ogni braccio di mare, che penetra nell' interno dell' alta catena (della Cordigliera) non solamente nella Terra del Fuoco, ma lungo la costa continentale, per 650 miglia a tramontana, è terminato con enormi ghiacciai. Grandi masse di ghiaccio a quando a quando cadono da quei dirupi, ed il fragore si ripercuote, come bordate di un vascello, nei solitari canali. I terremoti (che, come vedremo nella nostra XXIII^a lezione, sono in quelle contrade assai frequenti) promuovono la precipitazione in mare di grosse moli di ghiaccio e di terra . . . Nello stretto di Eyre,

alla latitudine di Parigi, furono contati cinquanta *Icebergs* contemporaneamente fluttuanti, ed uno di essi aveva almeno 168 piedi di altezza. Alcuni di quelli *Icebergs* seco portavano grossi blocchi di granito e di altre rocce, di natura diversa da quella delle circostanti. Il ghiacciaio più lontano dal polo, osservato durante i viaggi dell' *Adventure* e del *Beagle*, è nella latitudine di 46° 50′ nel Golfo di Penas. Esso è lungo 15 miglia, ed in una sua parte largo 7, e giunge fino al lido marino. Ma ancora poche miglia a Nord, nella Laguna di San Raffaele, alcuni missionari Spagnuoli, incontrarono molti *Icebergs*, in uno stretto braccio di mare, il giorno 22 del mese corrispondente al nostro giugno, ed in una latitudine corrispondente a quella del lago di Ginevra. In Europa, il ghiacciaio più meridionale che venga sino al mare, si incontra, giusta De Buch, sulla costa di Norvegia, nella latitudine di 67°. Questo punto è più di 20° in latitudine, o 1230 miglia, più prossimo al polo che la Laguna di San Raffaele.

Questi fatti hanno la più alta importanza geologica, e valgono a spiegarci l' esistenza dei trovanti e dei blocchi erratici, che s' incontrano in tante parti del globo. In quella guisa medesima che veggiamo in oggi navigare, trasportati dalle correnti, enormi pezzi di roccia, sovrapposti od incrostati nei ghiacci natanti, e poi, quando questi, pervenuti a latitudini dall' equatore men lontane, si sciolgono, veggiamo i pezzi minerali che sostenevano precipitare al fondo dei mari, sul quale vanno quindi a depositare rocce e terreni, di natura e qualità differente da quella del letto su cui riposano; — così, del pari, ci è facile il comprendere come lo stesso procedimento abbia, nelle remote età del pianeta, e segnatamente nei periodi glaciali, trasportato e distribuito sulla faccia della terra ed in fondo agli antichi Oceani, dai quali emersero poscia i continenti e le isole, i blocchi erratici che ora noi vi osserviamo. — E il giorno verrà certamente in cui dagli Oceani attuali nuove terre emergendo, per quei lenti ma incessanti sollevamenti, dei quali abbiamo irrefragabili le prove, seco portino alla luce del sole i somiglianti blocchi erratici, che attualmente i ghiacci natanti

Digitized by Google

vanno spargendo nei vasti bacini del mare. — E così sempre e dappertutto noi c' imbattiamo in novelle conferme di quella sapiente teoria delle *Cause Attuali*, la quale ci mostra continuamente la natura occupata in un calmo e tranquillo ma instancabile lavorio di formazione e di trasformazione; e siam costretti ad esclamare con la meditabonda scuola dei filosofi Germanici: *Veramente il mondo non è, ma diventa!*

IV.

Ma come accade egli mai che la incessante accumulazione dei ghiacci e delle nevi non aumenti continuamente l' altitudine delle montagne e non cambi, col lungo andare dei secoli, il rilievo del nostro pianeta?

La quantità di neve che cade ogni anno sui monti è realmente così enorme che produrrebbe cotali effetti, se la natura non avesse chiamato in suo aiuto alcuni poderosi agenti, i quali ne impediscono la diuturna coacervazione. Sulle Alpi, per esempio, nell'ospizio del Grimsel, la massa di neve annualmente caduta è stata estimata a 16 o 18 metri di spessore. Ma se, in media, supponiamo una altezza di annuale incremento di 10 metri soltanto, avremmo un così rapido innalzamento di tutta la catena, da cambiare completamente ed in un breve periodo la faccia di questa parte dell' Europa. Da 18 secoli, le vette alpine si sarebbero innalzate di 18,000 metri, vale a dire quattro volte l' altezza del Monte Bianco sul livello oceanico. E quale sarebbe mai la cifra a cui ci condurrebbe il nostro calcolo se, invece di partire dalla nostra brevissima Era rimontassimo fino alle remote epoche geologiche!

Ma la natura, lo ripeto, vi ha provveduto. — Quei miliardi di metri cubi di ghiaccio i quali, se squagliassero repentinamente, inonderebbero le pianure tutte dell' Europa, si dissolvono lentamente. Gli agenti che la Natura pone in opera, per ristabilire l' equilibrio, sono:

Il *Calor solare*, che può fondere fino a 40 o 50 centimetri di nevo nello spazio di dodici ore;

L' *evaporazione*, tanto più attiva qnanto l' aria è più asciutta;

I *venti meridionali*, i quali portano sulle loro ali una immensa quantità di calore;

Le *nebbie*, che impediscono l' irradiazione, e facilitano la fusione dello novi, talchè i tedeschi montanari energicamente le chiamano *Schneefresser* (mangiatrici di neve).

Le *tormente*, o venti turbinosi, che tolgono lo nevi alle creste, o le portano al di sotto nelle regioni temperate, ove sono sciolte più presto;

Le *valanghe;* — i naturalisti Svizzeri, dopo accnrati e profondi studi intorno a questo formidabile fenomeno, hanno distinto cinque differenti specie di valanghe:

a) Le *valanghe di fondo (Grund-Lawinen),* masso di neve, cui la filtrazione dell' acqua piovana o la fusione parziale stacca dal suolo sul qualo le fa scivolare. Questa specie di valanghe osservasi principalmente verso il principiare dell' estate; essa è poco pericolosa, conoscendosi dagli abitanti i luoghi, dai quali periodicamente si staccano le nevi e le circostanze che possono affrettarne o ritardarne la caduta.

b) Le *valanghe scivolanti (Schleich-Lawinen),* che accadono sui miti pendii coperti di neve, o quasi sempre snl versante meridionale delle montagno; esse scendono lentamente, si ingrossano con lo nevi che trovano sul loro passaggio, e si accnmulano dietro agli ostacoli che incontrano, sino a che qnesti cedano alla loro spinta, o che la neve si bipartisca in dne rami, che si stendono allora come le lavo sui coni vnlcanici, seguendo ciascuna il proprio cammino.

c) Le *valanghe a tegola (Schlag-Lawinen).* Sono le più pericolose, a cagione della rapidità della loro caduta. Avvengono nelle parti dello montagne, ove una mite pendenza finisce con una parete perpendicolare a picco. Le masse di accumulata neve scivolano a poco a poco fino all' orlo estremo del piano inclinato, restando ivi a piombo sulla parete verticale, fino a che il loro proprio

peso od una vibrazione dell' aria le faccia precipitare. Basta a determinarne la caduta un colpo di pistola, un grido od anche il suono ordinario della voce umana. Queste valanghe portano, dove passano, la distruzione. Cadendo talvolta da grandi altezze, imprimono un così violento urto alle falde aeree, che desso basta ad atterrare uomini e capanne a notevoli distanze dal teatro stesso della catastrofe. I varchi alpini che sono infestati da questo terribile fenomeno, sono ben conosciuti: citeremo la val Tremola, le Schoellenen sulla via del S. Gottardo, il Grimsel, ecc.

d) Le *valanghe estive (Sommer-Lawinen)* le quali non cadono se non nelle più alte regioni montane. Sono enormi masse nevose che, nel rapido loro rotolamento, sollevano una bianca polvere, la quale solca, come un' immensa cascata di argento, le nere gole dei monti.

e) Le *valanghe polverose (Staub-Lavinen)*. Durante l' inverno, la temperatura alpina sale talvolta a 12° o 14° centigradi; ed allora la rammollita neve diviene pulverulenta. La valanga, formata con questi elementi, non presenta più le masse compatte che sono costituite dalle solide nevi, ma bensì un vero torrente di neve, il quale spesso fa perire più vittime che le altre forme pur dianzi descritte.

Le guide che accompagnano i coraggiosi ascensionisti nelle Alpi, conoscono i caratteri, i luoghi, le strade delle varie specie di valanghe; e nei varchi pericolosi raccomandano di togliere i campanelli agli animali, di partire di gran mattino, di camminare nel più grande silenzio, onde non *isvegliare la lionessa*, come dicono equivocando sulle parole quasi sinfoniche *loewinn* (leonessa) e *lawine* (valanga).

Talvolta però, nonostanti tutte le precauzioni, terribili sinistri vengono a fornire tristi argomenti alle conversazioni delle lunghe notti d' inverno degli abitanti delle Alpi. Nel 1624 una valanga, caduta dal monte Cassedra, fece perire trecento persone. Una gran parte del villaggio di Buneras (Grigioni) fu portata via da una valanga nel 1749.

Digitized by Google

L'uomo va talora in cerca del pericolo, e si direbbe che una specie di forza magnetica ad esso lo attragga. — Fra i disastri dei

Fig. 69. — Catastrofe Alpina.

quali gli annali delle ascensioni alpine serbano il doloroso ricordo,

Digitized by Google

è recente la memoria di quello di cui fu vittima sul Cervino, pochi anni or sono, il giovane lord Douglas. Più lamentevole ancora è quello che noi cerchiamo di riprodurre nella annessa figura, e nel quale il giorno 20 agosto 1820 tre vittime perirono, e gli altri loro compagni non si salvarono che per miracoloso accidente.

Ma, nonostanti questi penosi ricordi e rammentandoci il generoso grido *Excelsior!* che lo spettacolo delle Alpi ispirò al poeta americano Longfellow, mandiamo un plauso ai valorosi ascensionisti i quali non si stancano, a prezzo di tanti pericoli, di scoprire i segreti e le leggi della Natura. — E tornando alle cause con le quali essa provvede a liberar le montagne dalla soverchia accumulazione delle nevi e dei ghiacci, ci resta a parlare della più potente ed efficace di tutte, vogliam dire del *regolare movimento di discesa dei ghiacciai.*

Attraverso ad una serie di successive e parziali trasformazioni, le quali costituiscono uno dei più interessanti rami della Fisica del Globo, la opaca neve delle alte vette si cambia in ghiaccio trasparente, in veri fiumi di azzurrognolo cristallo che scende, lentamente lungo lo golo e le convalli. Il primo stadio della graduale metamorfosi consiste nel pigiamento e nel conseguente induramento dei fiocchi di neve. Indi, allorchè i raggi solari alzano fino al punto di fusione la temperatura del campo di neve, un gran numero di gocce penetrano negli strati soggiacenti; dove, colti di bel nuovo dal freddo, quegli umori si congelano in massa compatta. A lungo andare, il campo di neve finisce per cambiare di struttura in tutto il suo spessore, diventando una congerie granulosa, dalla quale l' aria è parzialmente espulsa per lo successive liquefazioni e congelazioni determinate dall' anzidetto procedimento. Egli è per tal modo, che si formano i duri e granosi strati di nevi antiche, i quali incoronano le superiori pendici di tutte le occelse montagne; masse biancastre o grigie, conosciute sotto il nome di *Nevè* nelle Alpi e nei Pirenei.

Ma questo primo cambiamento delle molecole nevose non è che il preludio di più intime e profonde modificazioni. Sotto la con-

tinuata azione del calore solare, gli strati superficiali si fondono, e nuove liquide gocce o lamelle di ghiaccio penetrano nella massa del Nevè, in quell' ora istessa in cui la crescente pressione delle accumulate nevi finisce per espellere meccanicamente la massima parte dell' aria, che le nevi stesso contenevano all' origine. La massa indurita o compatta diventa quindi ognora più pesante: nell' atto che un metro cubo di fresca neve non pesa, in media, che 85 chilogrammi, uno stesso volume di Nevè pesa da 500 a 600 chilogrammi; e quando la trasformazione in ghiaccio è arrivata al suo compimento, pesa da 900 a 960 chilogrammi.

Ma nonostante questi successivi cambiamenti, la massa del Nevè si compone di lame più o meno regolari, che sono gli strati di mano in mano deposti dagli inverni. Come l' età delle piante può desumersi dal numero di cerchi concentrici che si contano in una sezione del tronco, così, del pari, dal numero delle falde misurasi l' età di una di quelle possenti masse. Ognuno dei sovrapposti letti offre sulla superficie una crosta grigia o giallastra, formatasi per la mistura della neve col pietrisco, con le polveri, con gli avanzi d' insetti, che il vento vi ha trasportati e deposti. Trovansi così sovrapposti gli uni agli altri, come le falde di una roccia calcare, gli strati nevosi, tanto più compatti e più somiglianti al ghiaccio per la loro struttura, quanto essi sono più antichi e quanto è, per conseguenza, maggiore il peso che sopportano.

Alla base del Nevé, il quale è il serbatoio ove il ghiaccio comincia a costituirsi per alimentare il ghiacciaio propriamente detto, quest'ultimo si forma e si mantiene perpetuamente sotto l'influenza della enorme pressione che sopporta. I Fisici, infatti, dimostrano che la temperatura di liquefazione si abbassa, pel ghiaccio, di $^{75}/_{10000}$ di grado centigrado, ad ogni *atmosfera* (ossia ad ogni aggiunta di peso equivalente a quello di una colonna d' acqua di 10 metri) di pressione. Egli è perciò che, in fondo alle rapide pendici, ove il peso colossale degli strati sovraincumbenti comprime il ghiaccio con la forza di molte e molte atmosfere, il punto di fusione della congelata massa trovasi grandemente abbas-

sato, una data quantità di calore immagazzinato (o, come diceva l'antica Fisica, *latente*) si sprigiona, ed una porzione del ghiaccio deve sciogliersi e liquefarsi. Il lavoro della pressione apre quindi, nell'intorno del ghiacciaio, una moltitudine di cellule o di vene liquide, la cui media temperatura non è che di minime frazioni di grado inferiore allo zero della scala centigrada. Agassiz ha, con molte o replicate osservazioni ed esperienze termometriche, eseguite in fondo ad un pozzo in pieno ghiaccio, profondo 60 metri, riconosciuto che la temperatura media era di 0°, 22, e che soltanto in inverno ed in modo eccezionale, scendeva a — 2°, 1, mentre l'aria ambiente era a — 12° od anche — 15°.

Le vene liquide, determinate dal lavoro della pressione, non si conservano però diuturnamente aperte. Le ghiacciate particelle che quelle filiformi cavità dividono, non restano separate che per brevi istanti, perocchè eziandio sotto una tenue pressione, sotto una pressione infinitamente più piccola di quella che gravita sul ghiacciaio, due frantumi di ghiaccio, circondati dall'acqua, si accostano tosto l'uno all'altro e si saldano, per non formare che un pezzo solo. Si è osservato che, immersi persino nell'acqua calda, due ghiacciuoli, che stanno fondendosi, si sforzano continuamente di approssimarsi e di riunirsi; e quando, venuti a contatto, si cementano insieme, il sottile istmo che li congiungo e che è continuamente attenuato dalla fusione, si va costantemente ricomponendo, fino a tanto che resta la menoma particella di ghiaccio.

Or bene questo medesimo fenomeno (scoperto dal chimico Faraday, e chiamato *regelation* dal fisico Tyndall, che lo ha stupendamente, come suole, illustrato) si opera in tutti i punti della massa del ghiacciaio: attraverso alle venuzze d'acqua, le quali si vanno d'ogni intorno aprendo, le molecole circostanti di ghiaccio si cercano a vicenda, si accostano e si saldano, per dar luogo, immediatamente di poi, all'apertura di vene novelle sotto il perpetuo lavorio delle pressioni.

Così, il ghiacciaio, che sembrava cosa morta, si trasforma, agli occhi della scienza, in una massa vivente ed agitata da in-

cessante moto molecolare. Il suo colore intanto si trasforma: l'opaco grigiastro del nevé diventa il berillino azzurro del vero ghiacciaio, qua e là intersecato da striscie di neve e di aria trascinate nel movimento generale della solida fiumana.

Gli Antichi credevano che i ghiacciai fossero immobili e permanenti. Si è soltanto al principio del secolo scorso, che la scienza ha potuto con irrefragabili prove accertarsi che quei fiumi di ghiaccio sono animati da un movimento poco direttamente sensibile all'occhio, ma pur continuo ed instancabile. Benemeriti o coraggiosi scienziati, come De Saussure, Charpentier, Rendu, Agassiz, Forbes, Tyndall ed altri, soggiornando settimane e mesi sopra i più vasti e famosi ghiacciai, hanno potuto scoprire nel più evidente e positivo modo il loro movimento di discesa. Essi verificarono, per esempio, che il ghiacciaio dell'Aar si avanza in media di 71 metri all'anno nel mezzo, e di 33 metri soltanto ai due lati. Il mar di Ghiaccio, soltanto alle falde del Monte Bianco, progredisce annualmente di 147 metri circa. I dotti naturalisti austriaci della fregata *La Novara* osservarono fenomeni analoghi nei ghiacciai della Nuova Zelanda, ove si illustrarono i dottori Hoest, Hector ed Hochstetter. Nulla resisto al lento ma continuo incesso del ghiacciaio, come provano le così dette *Morene* o lunghe sequele di rocce e di macigni ammontichiati, che sono trasportati fino al margine terminale. Il Sig. Coulomb ha osservato intere selve di pini di duecento anni di età, trasportate dal ghiacciaio di Aletsch, il più lungo della Svizzera. Scheuchzer fu il primo a pubblicare questo fatto del movimento dei ghiacciai, da lui osservato nel 1705. Nel 1760 Altman e Grüner proposero, per darne spiegazione, una teoria la quale, ripresa e svolta dal genio di Orazio di Saussure, divenne e restò per lunghi anni la base della Glaciologia. Essa è conosciuta sotto il nome di *Teoria di Saussure,* o *teoria per scivolamento.* Essa può riassumersi così: la base, sulla quale un ghiacciaio riposa è un piano inclinato, sul quale la massa sovrapposta deve, in virtù della propria gravità, sguisciare in modo lento ma continuo. Egli è in virtù di questo moto di discesa, che vediamo

continuamente la parte terminale del ghiacciaio avanzarsi nelle basse valli, dove la elevata temperatura liquefà i ghiacci, che vanno ad alimentare i fiumi, mentre al limite superiore si accumulano nuovo nevi, le quali col loro peso obbligano gli strati inferiori ad avanzarsi a loro volta, seco trascinando le pietre ed i sassi, che vanno poi a formare nel fondo delle valli le *Morene*.

A questa semplice dottrina un' altra ne oppose, nel 1841, il geologo svizzero Giovanni Charpentier nei suoi famosi *Essais sur les glaciers*. È questa la *Teoria per dilatazione*. Convinto che la temperatura interna d'un ghiacciaio potesse discendere notevolmente al di sotto di zero, Charpentier ne inferiva che l' acqua d' infiltrazione, qualunque fosse la sua provenienza, introducendosi nelle numerose fessure e condotte capillari, e congelandovisi, vi doveva, in virtù della ben nota legge che presiede alla solidificazione dell' acqua, produrre una dilatazione, che sollecita la massa nel senso della minore resistenza, cioè appunto nel senso della discesa. Per renderci conto di questo fatto, scriveva Charpentier, poniamo una sbarra di ferro sur un piano, inclinato abbastanza, perchè il minimo aumento di pendio basti a far scivolare la sbarra. In questa posizione, il più lieve urto, la più debole pressione applicata alla estremità superiore della sbarra la farebbe rapidamente discendere fino al piede del piano. Ma se, invece di imprimerle una impulsione, la si facesse scaldare sul luogo, essa si dilaterebbe in ragione della sua lunghezza e del suo grado di calore comunicato, e subirebbe questa dilatazione senza assumere un movimento accelerato, ma si distenderebbe semplicemente in ogni direzione. Supponiamo ora che un ostacolo qualunque le impedisca di stendersi nella sua parte superiore, la sbarra non potrà allungarsi che nel senso della discesa. Ora se la sbarra metallica si dilata pel calore, è noto che l' acqua, congelandosi, si dilata, e acquista un volume maggiore. Infiltrandosi nell'interno del ghiaccio e solidificandosi, l' acqua farà dunque scorrere tutta la massa nel senso della resistenza minore, che è appunto il senso della discesa.

Digitized by Google

V.

Ad entrambe queste teorie (tanto a quella dello *scivolamento*, qnanto a quella della *dilatazione*) l' inglese Forbes, che in queste materie fa autorità, rimproverava di essere fondate sopra una ipotesi non vera, e sopra una poco esatta osservazione dei fatti, i quali avvengono nelle ghiacciate masse montane.

Così De Saussure come Charpentier (diceva egli) suppongono che il ghiaccio sia una materia dura, rigida, incompressibile, sicchè l' uno lo fa scivolare come una rupe, l' altro dilatare come una sbarra di ferro. Io vi dico, invece, che il ghiaccio è un corpo plastico, viscoso, comparabile al miele, alla melassa, al catrame, alla pece semi-liqnida. Infatti, il ghiaccio non si modella esso, non si plasma nel letto di granito che lo racchiude? Se questo letto si ristringe, il ghiaccio si contrae, si assottiglia e varca così la stretta, in cui è compresso ed obbligato a passare. A Chamounix il ghiacciaio di Talefre passa in una gola che non ha 600 metri di apertura, e al di sopra il letto si allarga a 4200 metri. Eppure la materia che scorreva lata e distesa sopra un letto di oltre quattro chilometri, passa poi tutta, racchiusa e compressa, in quell' imbuto di poco più che mezzo chilometro. Fa d' uopo adunque che il ghiaccio sia plastico, per ridurre così il suo diametro ad un settimo di ciò che era per lo innanzi. Da questo e da altri numerosi fatti consimili Forbes dedusse una nuova teoria, detta *la Teoria della Viscosità*, secondo la quale la progressione dei ghiacciai sarebbe determinata da una specie di scolo della massa in movimento, simile allo incedere delle lave sui coni dei vulcani.

Ma l' illustre scienziato trovò un antagonista degno di lui nel suo collega ed amico il Professor Tyndall, il quale non durò guari fatica a dimostrare che il ghiaccio, lungi dall' essere viscoso, presenta nel più eminente grado tutti i caratteri dei corpi solidi. Infatti, tuttocchè il ghiacciaio prenda la forma della valle che lo con-

tiene, sposandone i menomi accidenti, lo fa però spezzandosi con mille fessure, le quali assumono talvolta le proporzioni di gigantesche voragini, e dislocandosi in mille guise varie e deformi, il che assolutamente escludo l'ipotesi della viscosità propria delle materie molli.

VI.

Passando adunque sotto silenzio altre teorie, come quelle di Rendu, di Malley, di Hugi e di altri fisici (poichè i limiti di una lezione non mi permettono di estendermi di tanto) permettetemi, o Signori, che io vi esponga la dottrina con la quale il Sig. Tyndall porge così completa spiegazione di tutti i fenomeni che i ghiacciai presentano, dottrina che in oggi può dirsi pacificamente accettata, come l'ultima espressione di questa parte della Fisica del globo.

Riandando con la mente i nostri cari ricordi d'infanzia, ciascuno di noi può rammentarsi come le nostre piccole mani riuscissero a formare palle di neve, le quali divenivano tanto più minute, più compatte e più dure, quanto più noi lo andavamo comprimendo. Come mai i fiocchi di neve potevano essi conglutinarsi, per guisa da formare un corpo solido e compatto? Perchè questo solido corpo poteva egli comprimersi, scemar di volume e modellarsi in modo, da assumere la figura di una boccia, o quella di un uomo, di una casa, od altra forma, che l'infantile nostra fantasia ne suggeriva? — Un gran fisico e chimico inglese, Faraday, s'impadronì del fatto svelato dal puerile trastullo, dandogli il valore di una esperienza scientifica. Se nell'acqua a zero gradi o poco al di sopra di zero, voi ponete in contatto frammenti di ghiaccio, e li comprimete l'uno a còsta dell'altro, i frammenti si agglutineranno fra loro; e se la pressione è quella di una macchina idraulica della forza di 40 o 50 atmosfere, voi otterrete un pezzo di ghiaccio compatto di un piccolissimo volume, paragonato a quello del complesso dei frantumi isolati; — è questo il feno-

meno, che Faraday ha designato (siccome ho già di sopra accennato) sotto il nome di *regelation*, il qnale fu dal Sig. Martins voltato nel francese *regel*, e che noi tradurremo in italiano col vocabolo *ricongelamento*.

Il Sig. Tyndall ha variato cotesta esperienza: egli riempie di frammenti di ghiaccio un cilindro cavo di ferro, e comprime fortemente quel ghiaccio, mercè di uno stantufo che entra, combaciandovi esattamente, nel primo: ottiene, per tal guisa, un cilindro di ghiaccio grigiastro, durissimo ed assai compatto. Ripone poscia questo stesso cilindro in una forma cava, avente figura lenticulare, e comprimendolo nuovamente, gli fa assumere questa seconda forma; e successivamente dà allo stesso pezzo di ghiaccio tutte le forme desiderabili, persino quelle di una statua.

Da tutto ciò egli conchiude che il ghiaccio, ridotto in frammenti, è compressibile, duttile, malleabile, e si trasforma, per la pressione, in un solido a tessitura omogenea.

Or bene, egli è agevole il vedere come queste esperienze spieghino la progressione dei ghiacciai. Compresso dal peso delle parti superiori, il ghiacciaio è spinto in avanti. La sua massa plastica si foggia sulla forma della valle che la contiene; arrivata ad un punto di ristringimento, essa sforza il passaggio, stirandosi nella naturale filiera, sotto l'influenza della pressione; in faccia ad un ostacolo, si raddrizza; e la rapidità della progressione è in ragione non solamente della pendenza, ma eziandio della massa, del peso delle parti superiori che la favoriscono e degli attriti ed ostacoli che la contrariano. La massa del ghiacciaio è poi tenuta insieme compatta dallo stesso principio che tiene compatta la pallottola di neve nelle mani del fanciullo, cioè mediante il ricongelamento dell'acqua che vi è contenuta, e che fa, dirimpetto alle molecole di ghiaccio, l'ufficio che la calce adempie rispetto ai materiali delle nostre costruzioni, ed i cementi naturali rispetto ai gres ed alle ghiaie dei conglomerati e delle puddinghe, in geologia.

Intorno agli sviluppi particolari ed alle bellissime indagini fisiche cui la teoria del ricongelamento ha dato luogo, dopo le

eleganti esperienze di Thompson, di Huxley, di Tresca, di Helmholtz, io non posso, in tanta strettezza di tempo, che rimandarvi, o Signori, alle opere di questi maestri, non che a quelle di Tyndall e di Martins, sufficientemente contento, per parte mia, se sarò (come spero) riuscito a porgervi una occasione di più per ammirare i trionfi della moderna filosofia sperimentale, che ci svela ad uno ad uno i misteri della vecchia e sempre giovane natura.

Fra i fenomeni che accompagnano il movimento dei ghiacciai, alcuni ve ne hanno i quali, non meno del trasporto delle Morene, di cui abbiamo già fatto parola, vogliono qui, in sul finire, essere ricordati.

È facile comprendere che i ghiacciai, coll' enorme loro peso e col continuo loro movimento, debbano esercitare sulle rocce che li sopportano e che li fiancheggiano, un attrito enorme del pari, e lasciarvi indelebili tracce della loro azione. Il ghiaccio però di per sè solo non basterebbe a produrre le profonde striscie e i lunghi solchi e le levigate superficie, che si osservano in tali contingenze. Questi effetti sono sovratutto dovuti allo strato di ghiaie, di sabbie e di umido fango, che separa d' ordinario il ghiaccio dai soggiacenti terreni, e che opera sulle rocce come lo smeriglio nelle officine metallurgiche e nelle fabbriche d'armi. Tutti questi detriti, sotto la tremenda pressione del ghiacciaio in movimento, agiscono sulle rocce, ne esportano tutte le asperità, arrontondandole e levigandole meglio che far non potrebbe la mano esperta del marmoraio. Le più grosse e dure pietre intanto solcano, ad una più o meno grande profondità, il letto del ghiacciaio. Da ciò tutto sono determinate le rocce *striate*, e quelle alle quali De Saussure ha dato l'espressivo nome di *roches moutonnées*, per la somiglianza che porgono con un armento di pecore. Ebel, dal canto suo, le paragona a grossi mucchi di fieno, sparsi nella prateria.

I più belli esempi di rocce così lavorate dai ghiacciai, trovansi nella Scandinavia, e nelle Alpi, nei dintorni dei ghiacciai dell'Aar, di Zermatt, di Rosenlauï ecc.

Numerosissime sono le prove che i geologi hanno raccolte per avvalorare la loro teoria, già da me citata più volte, secondo la quale molti ghiacciai oggi ancora esistenti si protendevano un tempo notevolmente più innanzi nelle valli, e moltissimi esistettero che oggi non sono più. Qualunque siano le cause che hanno prodotto il fenomeno (ed alcune io ne ho accennate altrove), certo è che l'Europa e le altre parti del globo, andarono soggette ad uno od a più *periodi glaciali*, durante i qnali la temperatura della superficie terrestre fu molto più bassa che oggi non sia, e moltissime fra le regioni oggi abitate dall'uomo furono coperte da immani ghiacciai. Si è anzi al movimento di questi, che una moderna scnola di geologi attribuisce la escavazione di quei profondi bacini che, riempitisi poscia di acqua, formarono gli attuali laghi alpini.

Venetz ci fornisce ben trentaquattro osservazioni, nelle quali egli ha potnto accertare, in Isvizzera, l'esistenza di antiche morene poste a grandi distanze dai ghiacciai, che le hanno abbandonate ritraendosi. La morena di Kandersteg, per esempio, è oggidì lontana più chilometri dal ghiacciaio d'Oeschenen. Io conserverò sempre fra le più care ricordanze della mia gioventù quella di alcuni tranqnilli giorni, che ho passati nei villaggi di Ried, di Bodmen e di Halten, nel Cantone Vallese, fabbricati sopra un'antica morena del possente ghiacciaio di Viesch, oggi lontano più di una lega.

Attorno ai ghiacciai corrono molti piccoli ruscelli, che vi si formano per la fusione estiva del ghiaccio. Questi corsi d'acqua si ingolfano spesso in buchi verticali, chiamati su' luoghi *pozzi* o *molini*, i quali presentano talora grandi profondità. I *fori meridiani*, come si appellano nelle Alpi, sono depressioni prodotte dalla presenza d'un corpo estraneo, il quale, scaldato dai raggi solari, fa fondere sotto e intorno a sé il ghiaccio, in cui quel blocco erratico perciò si sprofonda a poco a poco.

Un fenomeno diametralmente opposto accade quando il blocco erratico od il conglomerato è disposto per modo, da proteggere una parte del ghiacciaio dall'irradiazione solare. Allora il ghiaccio non si fonde che tutt'intorno a quel punto; e quando ciò accade

per tempo lungo, rimane, ritto in mezzo, un cono di ghiaccio e di pietra, che sopporta, a guisa di piedistallo, il sasso, che chiamasi allora *tavola di ghiacciaio*.

Quando l'acqua prodotta dalla liquefazione del ghiaccio non può scorrere via, per mancanza di uscita, essa scava un bacino e forma un lago. Uno dei più grandi fra cotesti laghi raccolti in ghiacciate vasche, è quello di Merjelen, sulla sinistra parte del ghiacciaio di Aletsch, che ha un chilometro e mezzo di lunghezza, 350 metri di larghezza e da 7 ad 8 metri di profondità.

Tali sono, nel loro complesso, i precipui e più caratteristici fenomeni che, relativamente ai ghiacciai, io doveva ricordare in questo compendioso ma fedelo quadro della Fisica del Globo. Io non pretendo di averli tutti enumerati, nè Voi (ch'io creda) potete ragionevolmente domandarmelo in un Corso di lezioni, come quello che stiamo facendo. A me basta in questa, come in tutte le altre occasioni, se riesco a far nascere, in taluni de' miei Uditori, il desiderio di studiare più profondamente gli argomenti, ch'io faccio successivamente passare dinanzi ai loro occhi, descrivendo, nel loro maestoso ed armonico beninsieme, i fenomeni e le leggi della complicatissima vita del nostro pianeta.

LEZIONE XIX.

Meteore Elettriche

—

SOMMARIO.

L'Elettricità atmosferica. — Le sue variazioni diurne. — Variazioni Annuali. — Sua origine. — Altezza delle nubi procellose. — Uffici della folgore nell'economia della Natura. — L'Osono. — L'Elettricità e i contagi e le epidemie. — Il Cholèra Asiatico. — Meteore elettriche. — Fuoco di S. Elmo. — Varie specie di lampi. — Fulguriti. — Il Fulmine. — Distribuzione geografica dei Temporali fulguranti. — Questione archeologica. — Grandine. — Due specie di Trombe. — Turbini o Tempeste di Polvere. ecc.

I.

Signori,

Dopo avere, nelle scorse nostre Lezioni, studiato le idrometeore, volgiamo di presente la nostra attenzione alle meteore elettriche.

Fin dal primo giorno in cui Wall, Nollet e tutti i Fisici della seconda metà del passato secolo fecero scoccar la scintilla dalle macchine elettriche, si presentò spontanea alla loro mente l'idea che la folgore altro non fosse, se non la riproduzione naturale dello stesso fenomeno in enormi proporzioni. E quando Dalibard e Romas in Francia e Beniamino Franklin in America si accertarono quasi contemporaneamente, con la famosa esperienza del Cervo volante,

Digitized by Google

che le nubi in tempesta mandavano vere scariche elettriche, non rimase più dubbio veruno sulla analogia, anzi sulla perfetta identità del fluido elaborato nel gabinetto del fisico, e di quello prodotto dalla Natura nelle regioni atmosferiche. E siccome sembra destino che ogni grande idea debba, prima di trionfare, avere i suoi martiri, così Richmann dell'Accademia di Pietroborgo, tentando esplorare la tensione elettrica di una nube procellosa, cadde fulminato a morte, nuovo Prometeo, punito più severamente dello antico.

Dal momento che l'esistenza della elettricità nelle nuvole potè dirsi un fatto non più disputato, si destò naturalmente la curiosità di conoscere quale potesse esserne la cagione e l'origine; e non si tardò a scoprire nell'atmosfera la presenza del formidabile agente, anco nell'assenza di qualsiasi nube. Il francese Lemonnier e l'italiano Beccaria si accertarono, con aste metalliche isolate, che, anche col tempo più perfettamente sereno, l'aria è carica di elettricità. Gli elettrometri di De Saussure, di Volta, di Peltier, di Quetelet, e poi i delicatissimi galvanometri dei moderni Osservatorii hanno rivelato l'esistenza quasi continua di correnti elettriche; ed hanno altresì dimostrato come l'atmosfera, nel suo stato normale, cioè durante il tempo sereno e calmo, sia sempre elettrizzata positivamente, come lo è il vetro strofinato con la lana; mentre per contro, la superficie terrestre, quando non sia allo stato neutro, è elettrizzata negativamente, come lo sono le resine. — Accenneremo, in seguito, una ipotesi, fondata sopra i fenomeni delle variazioni diurne ed annuali della elettricità atmosferica, secondo la quale quest'ultima, nelle alte regioni aeree, dovrebbe considerarsi come negativa; ma in prossimità del suolo, essa è certamente positiva.

Come ha osservato assai bene l'egregio Sig. Quetelet, egli è un errore commesso dalla maggior parte dei trattati di Fisica e di Meteorologia, quello di dividere le pioggie in *positive* e *negative*, a seconda della specie di elettricità che si è raccolta nell'istante di una data osservazione. Il fatto si è che, durante una deter-

minata caduta di pioggia, si può benissimo avere (a seconda del momento in cui la si osservi) elettricità così positiva come negativa. Si possono riassumere nel modo seguente gli effetti di una nube procellosa, considerati nei loro più generali caratteri.

Allorchè l'aria è perfettamente pura, gli strati superiori sono elettrizzati positivamente per rispetto agli strati inferiori; e considerando la superficie della terra come in istato neutrale, la tensione degli strati atmosferici aumenta con l'altezza. Or bene, supponiamo una nube elettrizzata positivamente, posta in una tale atmosfera: ecco ciò che accadrà. — La nube si comporterà, come se fosse tutta circondata da una falda elettronegativa. Lo spessore di questa falda non è dappertutto lo stesso; perocchè l'eccesso positivo della nube, che la determina o che almeno la mantiene, non può trovarsi uniformemente ripartito, primieramente a motivo della forma più o meno angolosa della nuvola, ed inoltre perchè, nella parte superiore della nuvola stessa, l'elettricità positiva è, in parte, respinta da quella degli strati superiori dell'atmosfera. Questo effetto sarà tanto più notevole, quanto più, seguendo la periferia della nube, ci accosteremo all'inferiore sua parte, diretta verso la terra. Gli strati aerei vicini, non che la terrestre superficie, saranno adunque, relativamente, in uno stato negativo, molto più riciso di quello che avrebbero, se non esistesse la nube, e la differenza sarà assai più sensibile, che nella parte alta della nube medesima.

La figura seguente porge un' immagine di un tale stato di cose *(Fig. 70)*.

ABCDE è il suolo, che noi supponiamo nello stato neutrale; lo strato aereo A'B'C'D'E', parallelo al suolo, è elettrizzato positivamente, nell'assenza della nube, ed uniformemente in tutte le sue parti; lo strato A''B''C''D''E'', del pari parallelo al suolo, è esso pure elettrizzato positivamente, ma in grado più energico. In tale stato di cose, ecco una nube B'C'D', sovraccarica positivamente, ma in modo non uniforme: la sua elettricità è più copiosa nella parte inferiore, e più debole nella superiore; inoltre, la nube

è avvolta da strati d'aria relativamente negativi, e tanto più negativi, quanto più energica è la carica elettrica della nube.

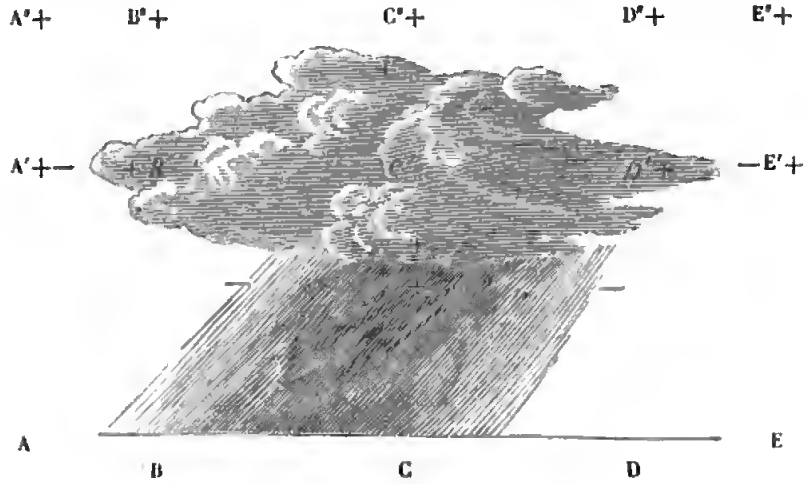


Fig. 70. — Condizioni elettriche di una Nube procellosa.

L'osservatore collocato in A noterà sull'elettrometro, innalzato al di sopra del suolo, segni di elettricità positiva. Ma, a misura che la nube si accosta, le indicazioni grado grado si affievoliscono, poi scendono a zero, e finalmente cambia il segno della elettricità. L'elettricità negativa è accusata dall'elettrometro, non solo all'appressarsi della nube, ma eziandio durante il cominciare del suo passaggio; indi progressivamente diminuisce, passa per lo zero, e riprende lo stato positivo appena comincia la pioggia, ritornando al suo primo valore, allorchè la nube si è allontanata ed ha cessato di esercitare una influenza sul luogo dell'osservazione.

Consideriamo più peculiarmente i fenomeni che si svolgono nell'istante, in cui la nube, sovraccarica positivamente, versa la pioggia: le goccie, cadendo, porteranno alla terra l'elettricità della nuvola, e con abbondanza tanto maggiore, quanto più copiosa sarà la pioggia. Fino a che non cadono che poche gocce, la loro acqua non tende che a neutralizzare in parte gli effetti dell'atmo-

sfera negativa, onde è avvolta la nube e che agisce sull'elettrometro. Talchè se osserviamo lo strumento in quell'istante, saremo forse tentati di credere negativa la pioggia. Ma il cambiamento dei segni non tarda a manifestarsi, e giunge tanto più presto e tanto più energico, quanto più forte è la precipitazione acquea. Sul lembo della regione ove questa accade, l'elettrometro indica *zero;* al di là, lo strumento segna elettricità negativa; questa zona è, a sua volta, limitata da una linea, ove l'elettrometro è una seconda volta a *zero;* più lungi ancora, accusa una crescente elettricità positiva, fino a tanto che si arrivi fuori della nube.

Ecco una proiezione verticale di una nube, in cui gli effetti suddescritti appariscono ad occhio veggente.

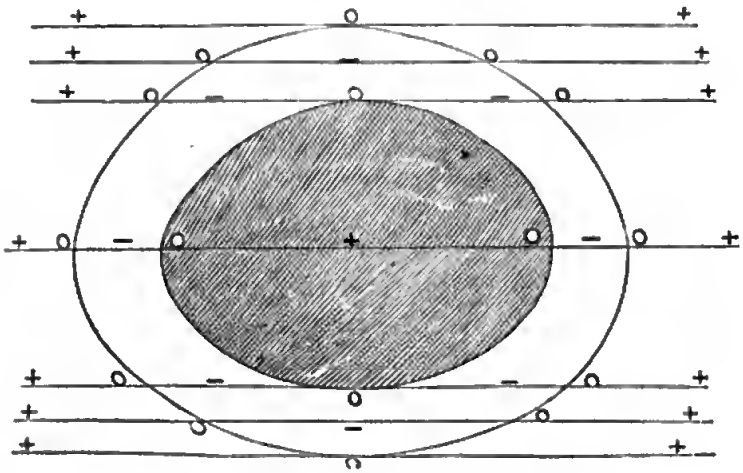


Fig. 71. — Stato elettrico di una Nube e dell' aria ambiente.

La scienza non conosce ancora le variazioni che può subire nella sua quantità totale l'elettricità della nostra atmosfera; nessuna esperienza ha potuto sinora essere stabilita in modo permanente a grandi altezze; noi sappiamo però che, negli strati inferiori, essa subisce una doppia oscillazione *diurna* ed *annua*, ed inoltre

certe oscillazioni *accidentali*, che possono spingersi fino ad una grande amplitndine.

E, in prima, dico: nna variazione *diurna*. — Risulta, infatti, dalle belle osservazioni di De Saussure e di Schübler, che le curve elettriche passano ogni giorno per un *primo massimo* da 6 a 7 ore del mattino in estate, e da 10 ore a mezzogiorno in inverno; si abbassano qnindi, sino a ragginngere un *primo minimo* tra 5 e 6 ore di sera in estate, e verso 3 ore in inverno; si rialzano poi verso un *secondo massimo* al tramonto, per decrescere di bel nuovo durante la notte fino all'alba, momento in cui la curva ridiventa ascendente. (*Fig.* 72.)

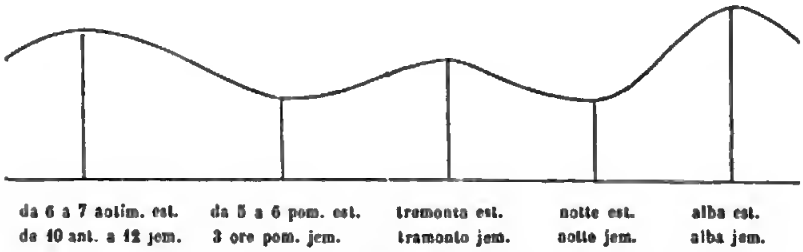


Fig. 72. — Variazioni diurne della Elettricità Atmosferica, in Estate ed in Inverno.

Questa doppia oscillazione è intimamente collegata con le variazioni dello stato termometrico, barometrico ed igrometrico dell'aria. — Infatti l'aere, cattivo condnttore della elettricità qnando è asciutto, si lascia invece traversare da qnesto fluido con nna relativa facilità tanto maggiore, qnanto esso è più umido. Indi è che la precipitazione della rugiada, durante la notte, permette agli strati inferiori dell'atmosfera di spogliarsi della loro elettricità. La rugiada cessa di deporsi al levar del sole; ma gli strati d'aria medii, ancora freschi ed umidi, lasciano discendere l'elettricità delle falde superiori negli strati inferiori, la cui tensione perciò aumenta. Verso la metà della giornata, questo trasporto si ferma; l'aria riscaldata tende a salire, in colonna di aspirazione, dalla superficie terrestre verso le alte regioni atmo-

sferiche; e questo movimento tende ad allontanare gli strati elettrizzati. In sulla sera, il movimento ascendente si sospende; poi cessa e si muta in movimento di discesa, in quell'ora stessa in cui l'aria più fredda diviene più umida; e così l'elettricità degli alti strati ridiscende verso il suolo e determina un nuovo rialzamento della curva elettrica.

Insieme alle variazioni diurne, gli strumenti di osservatorio accusano oscillazioni annue nella elettricità atmosferica; ma le osservazioni fatte da Quetelet a Brusselle, dal P. Secchi a Roma, da Brito Capello a Lisbona, da Lamont a Monaco, da Bonald a Kew, ci conducono ad affermare che le variazioni accidentali e puramente locali esercitano una influenza preponderante, dalla quale è difficile isolare una legge costante e generale. Ecco, del resto, la curva delle variazioni medie mensili della tensione elettrica a Brusselle, data da Quetelet (*Fig.* 73.)

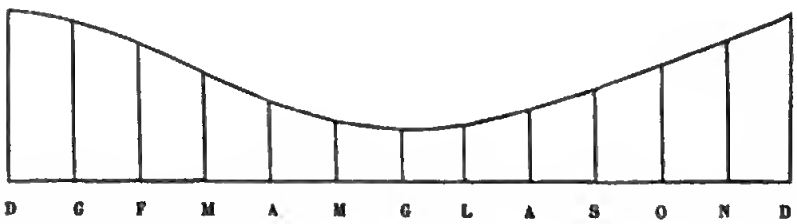


Fig. 73. — Variazioni medie mensili della Elettricità atmosferica.

Essa è il risultamento delle medie ottenute in 13 anni di osservazioni; e mostra che un massimo assai spiccato si verifica in inverno ed un minimo in estate.

D'onde si scorge che lo stato elettrico dell'atmosfera, del pari che tutti gli altri fenomeni dei quali è questa il teatro, soggiace a quella legge di perpetuo movimento e di alterna vicenda, che in tutto questo nostro Corso noi abbiamo veduto imperare nella macchina intera dell'universo. Questo stato subisce variazioni mensili e diurne, la cui originaria causa è sempre quella azione

solare, che noi riconoscemmo essere la prima fonte di tutti gli altri terrestri movimenti. Per ben comprendere il modo di operare di questa azione, rappresentiamoci l'atmosfera siccome composta di (*Fig. 74.*) due grandi strati, l'uno *n p superiore*, pressocchè immobile in tutte le sue parti; l'altro *inferiore*, *p N*, costantemente traversato e rimescolato dai venti.

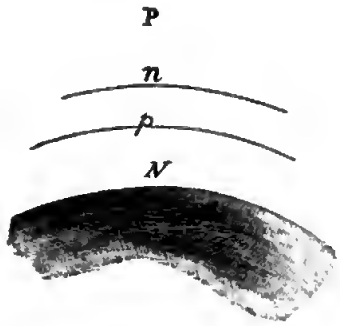


Fig. 74. — Condizione elettrica dell'Atmosfera.

L'elettricità dell'atmosfera *superiore* si divide in due parti: l'una negativa *n* fa equilibrio alla elettricità positiva *P* del sole o dello spazio etereo circostante; e l'altra positiva *p*, fa, più al basso, equilibrio alla elettricità negativa *N* della terra, attraverso allo strato inferiore.

L'estrema siccità, che regna nelle alte regioni atmosferiche, è la causa che tiene separate le due elettricità, positiva e negativa, nello strato superiore della massa aerea. Ma nello strato inferiore, questa causa non esiste; l'elettricità positiva può, tuttocchè non senza difficoltà, traversare questo strato più o meno umido, e costantemente agitato; può eziandio percorrerlo tutto, e venire ad unirsi al fluido opposto della terra, senza che però esista mai tra loro un'intima comunicazione.

Non vi ha dunque un solo ambiente, alle due estremità del quale le due elettricità si tengano paralizzate; ma vi sono realmente due ambienti: l'uno, tra il sole e la parte più elevata dello strato superiore della nostra atmosfera; l'altro, tra la parte bassa di quello strato superiore medesimo e la superficie del nostro pianeta. Nella regione superiore, i due fluidi opposti sono separati dallo spazio etereo, che noi possiamo considerare vuoto; nella parte inferiore sono divisi dall'atmosfera mobile e più o meno umida. La parte superiore della nostra atmosfera può essere considerata come una sfera cava metallica, la quale con la sua

superficie esterna fa equilibrio alla elettricità dello spazio e del sole; e con la sua interna superficie, fa equilibrio all'elettricità di nome contrario sparsa sulla faccia del nostro globo.

Or bene, ecco gli effetti che, ritenuta questa ipotesi, debbono risultare da un siffatto stato di cose. — Durante l'inverno, *nel nostro emisfero boreale*, lo strato atmosferico inferiore è più condensato e presenta un minore spessore che durante l'estate, e noi ci troviamo meno lontani dallo strato superiore, che porta la elettricità misurata dai nostri strumenti. Indi è che, per le regioni poste in questo emisfero, l'elettricità *è più forte in inverno che in estate*. E l'aumento della tensione elettrica, non che la corrispondente diminuzione dell'altezza, sono molto sensibili, giacchè noi troviamo, dal mese di giugno ai mesi di gennaio e dicembre, una differenza, che va in molti luoghi da 1 a 10. Nell'emisfero australe, i fenomeni stessi si riproducono, naturalmente, nell'ordine inverso.

Non meno energica della variazione annua, è, come vedemmo, la variazione diurna dell'elettricità atmosferica. *Questa diventa più forte a misura che siamo più vicini alla notte, ed il suo valore minimo si presenta alquanto dopo l'ora dei più forti calori del giorno.* In estate si è, come fu di sopra notato, verso cinque ore del pomeriggio, che lo strato elettrizzato, da cui sono mossi i nostri strumenti, sembra essere più lontano dalla terra. A ciò si aggiunga che, a misura che il calore aumenta, l'umidità dell'aria diminuisce e tende quindi ad isolare vieppiù lo strato elettrizzato. Durante la notte, i movimenti sono alquanto meno ricisi: il sole non agisce allora in modo sensibile; si osserva però una simigliante variazione, che sembra dipendere piuttostocchè dall'azione diretta del sole, da quella indiretta che risulta dai raggi solari sull'opposto emisfero.

II.

Ma qual' è l'origine della elettricità atmosferica? Questione circondata finora di molte dubbiezze ed oscurità. — Volta e De Saussure la riannettevano alla evaporazione delle acque sulla superficie del globo; e pensavano che lo stato elettrico dell'atmosfera sia mantenuto dalle masse dei vapori elettrizzati positivamente, che sono del continuo esalati dai mari, dai laghi e dai corsi d'acqua sulla terrestre superficie. — Pouillet confermò questa opinione, e mostrò che lo sviluppo della elettricità per evaporazione è in ragione diretta della quantità di materie saline contenute in dissoluzione nell'acqua. Ma il signor Gogain, in un importante lavoro recentemente presentato all'Accademia delle Scienze di Francia, impugnò siffatte conclusioni. Altri pone l'origine dell'elettricità atmosferica nella confricazione delle masse aeree le une contro le altre; altri nelle azioni termo-elettriche dei vari strati aerei inegualmente scaldati dai raggi solari. Il signor Schoenbein trova l'origine dell'elettricità atmosferica, non nell'azione *calorifica*, ma sì invece nella azione *chimica* dei raggi dell'astro centrale. Dopo avere provato che, sotto l'influenza della luce, l'ossigeno è capace di esercitare un'azione chimica, come se fosse ozonato, questo dotto tedesco stima che l'ossigeno dell'aria, sotto l'influenza de' raggi solari, agisca elettro-chimicamente sulle molecole d'acqua. Da ciò risulta, secondo lui, una polarizzazione elettrica delle particelle filiformi acquee, onde si compongono le nubi e, per conseguenza, una tensione elettrica. Ma, come osserva giustamente l'illustre signor De La Rive nel suo aureo trattato *Sulla Elettricità*, questa teoria avrebbe bisogno di appoggiarsi sovra esperienze dirette e positive, che mancano sinora.

In quanto a noi, senza negare l'influenza di tutte queste cause, riteniamo certo oggimai che esse non siano, e di gran lunga, sufficienti a spiegare l'enorme sviluppo della elettricità atmosferica.

Le precipue cagioni di essa sono da ricercarsi, secondo il signor Emanuele Liais, nelle possenti azioni chimiche operantisi nella crosta medesima della terra e nei mille fenomeni di cristalizzazione e di decomposizione che vi si producono, sotto l'influenza delle acque. La disaggregazione delle rocce, la decomposizione dei solfuri, le eruzioni vulcaniche di qualsiasi natura, ecco altrettanti elementi, dai quali si svolge l'elettricità, che poi l'evaporazione e le correnti aeree trasportano negli spazi. Le esperienze del signor Becquerel, padre, hanno provato che il semplice contatto delle acque d'un lago o di un fiume coi margini, con le rive, basta a dar luogo allo svilnppo di una sensibile quantità di fluido elettrico. Le relazioni fra l'elettricità atmosferica ed i fenomeni tellurici, sono evidenti. In generale, le eruzioni vulcaniche sono accompagnate da burrasche terribili; e non vi ha dubbio che i vulcani spargano nell'atmosfera una immensa quantità di elettricismo, come dimostrerò nella mia Lezione XXII^a^. Da un altro lato, tutte le descrizioni che abbiamo dei terremoti ci avvertono dello stato procelloso del cielo durante questi paurosi fenomeni. Egli è adunque nelle azioni, ora lente e continue (come i corsi dei fiumi), ora repentine e violente (come i fenomeni vulcanici) che si compiono nella massa del globo, che dobbiamo principalmente cercare (senza escludere affatto quelle, secondarie però, dell'oceano aereo) le sorgenti della elettricità atmosferica.

Comunque ciò accada, un fatto è certo, e si è che, qualunque sia la sorgente da cui essa deriva, la elettricità atmosferica ci viene specialmente dalle regioni intertropicali, attraverso agli alti strati aerei, sia ch' ella vi si propaghi direttamente, sia (come sembra più probabile) che vi sia trasportata dalle correnti aeree e marine, le quali noi abbiamo lungamente descritto.

L'elettricità dell'aria (io l'ho già detto) è sempre positiva; e sotto la sua influenza, il suolo si elettrizza negativamente su tutti i punti in rilievo, segnatamente sulle vette delle montagne. Indi è che sovente noi vediamo le nubi accostarsi rapidamente ad un picco elevato, fermarvisi alcun tempo, poscia staccarsene, per seguitare il moto

generale dell' atmosfera. Egli è che la nube positiva fu dapprima attirata dal picco, elettrizzato nel modo opposto; poi ne è respinta, quando col suo contatto la nube si è elettrizzata negativamente anch'essa. (*V. Fig.* 75.)

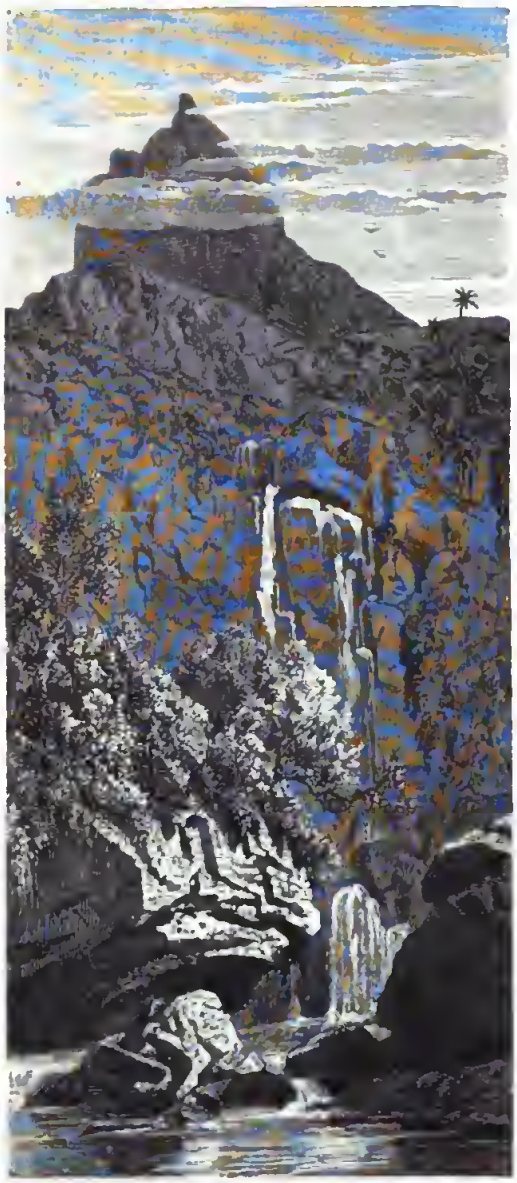


Fig. 75. — Azione elettrica delle vette montane sulle nubi.

Talvolta osserviamo nell' atmosfera due o più strati di nuvole sovrapposti gli uni agli altri. Le nubi inferiori, essendo collocate in mezzo a nubi positive ed alla superficie negativa del suolo, hanno la loro elettricità rispinta dall'alto e attratta dal basso. Nel mentre quindi che si scaricano progressivamente da un lato, si vanno, al tempo stesso, caricando dall'altro per influenza, ma in modo opposto, vale a dire negativamente. E da questi squilibri elettrici nascono spesso le procelle e le grandini.

Scoppia, infatti, il temporale tutte le volte che le nubi, giunte ad un certo grado di elettrizzazione, si trovano in prossimità di altre nubi o di oggetti terrestri, su cui possano scaricare il loro fluido in eccesso.

Molto variabile è l'altezza, a cui si tengono le nubi procellose. — Bouguer nelle Cordigliere, de Saussure nelle Alpi, Petyer e Hoscard nei Pirenei osservarono burrasche svilupparsi a 4868, a 4500, e a 3200 metri sul livello del mare. Nelle pianure della Siberia, l'abate Chappe, dopo aver veduto nembi tempestosi a soli 214 metri di altitudine, altri ne notò a 3470 metri.

Nella sua magnifica monografia intitolata: *Du Tonnerre*, l'illustre Arago ha il capitolo 56° intitolato: *Du rôle de la foudre dans la nature*, nel quale esamina l'influenza che le scariche elettriche esercitano sull'atmosfera. — Dopo la celebre esperienza di Cavendish con la quale questo grande filosofo inglese riuscì, mediante una sciutilla elettrica, a riunire in acido nitrico liquido i due elementi gazosi, dei quali si compone l'aria che noi respiriamo, non era più lecito il dubitare che le infiammate losanghe della folgore debbano profondamente modificare le plaghe aeree, ch'esse traversano. Il chimico Liebig si è, infatti, accertato che le pioggie di tempesta contengono tutte, in quantità più o meno grande, acido nitrico combinato a calce o ad ammoniaca. Ed ecco provato che la folgore prepara ed elabora, nelle alte regioni dell'atmosfera, il principale elemento di quell'altra folgore (la polvere da sparo) di cui gli uomini fanno un così prodigo uso ed abuso, per distruggersi a vicenda!

Alcuni dotti chimici e medici, specialmente di Germania, fecero recenti studi, dai quali sembrerebbe risultare che il temperale fulgurante purifica l'atmosfera. Il passaggio del fulmine conferisce proprietà più attive all'ossigeno e lo trasforma in *osono*. Benchè questo gaz sia finora poco conosciuto, siamo però indotti ad attribuirgli una energica potenza di distruzione dei miasmi e delle materie putride che, sparse nell'atmosfera, la rendono insalubre. L'osono può essere prodotto nei nostri laboratorii mediante forti

scariche elettriche: se ne riempiamo una campana di vetro, e vi mettiamo un pezzo di carne corrotta, essa perde in breve ora il suo fetore. Secondo le belle esperienze del sig. Schoenbein, le condizioni igieniche di molte regioni (massime in periodi di cholèra) sembrano essere in istretto rapporto con la quantità di osono contenuto nell'atmosfera.

La scienza medica è incerta sinora intorno al valore effettivo delle influenze elettriche sulla umana salute. Mentre, da una parte, gli uni, quali Turley e Schoenbein, attribuiscono quasi tutte le epidemie alla *diminuzione* della elettricità atmosferica, altri, invece, accagionano delle più gravi e frequenti malattie una eccezionale *accumulazione* di questo fluido negli spazi aerei. Secondo il dottor Galloz, le paludi non produrrebbero i loro effetti deleterii, se non mercè della generazione continua di una massa esorbitante di elettricità. Si è, del pari, durante l'impero del cholèra a Cajenna, che l'ago della bussola presentò grandi perturbazioni e che gli apparati elettro-magnetici avevano perduto una parte di loro potenza. Le osservazioni osonometriche fatte a Berlino, a Amborgo, a Londra, a Parigi, non segnalarono alcuna anomalia di tal natura. Fa d'uopo confessare però che ciò non fu a Brusselle: ivi durante una parte del 1849 (anno colerico) l'elettricità atmosferica ebbe un minor grado d'intensità, che durante gli anni antecedenti. Dal 1845 al 1848 l'elettrometro indicò, pel mese di gennaio, una media di 53 gradi; nel 1849 questa media cadde a 39 gradi. La stessa sproporzione si mantenne fino al mese d'agosto; quindi ogni cosa rientrò nell'ordine abituale. Il sig. Quetelet però, che fece queste osservazioni, si astiene prudentemente dal dedurne alcuna conclusione generale relativamente all'etiologia del colèra.

Comunque ciò sia, ed a malgrado che troppo scarse sieno le osservazioni che la scienza possiede finora, l'influenza dell'elettricità atmosferica sulla etiologia delle infermità mi sembra indubitabile; ed io sono intimamente convinto che qui vi ha una ricca miniera da esplorare, nella quale potrebbe illustrarsi più d'uno dei giovani e ben volenti cultori dell'arte salutare.

Digitized by Google

III.

Le meteore propriamente dette, delle quali l'elettricità è più o meno direttamente la causa, sono molto numerose. Gioverà passare in rassegna le principali.

Talvolta, in tempo di burrasca, l'aria è siffattamente carica di elettricità, che questa diviene apparente nella oscurità, mercè di un vivo fulgore diffuso su tutti i corpi, specialmente sull'acqua. Gli annali della Meteorologia citano pioggie luminose, durante le quali la terra sembrava divorata dal fuoco. Più di una volta, il viaggiatore fu colto da terrore, scorgendo le proprie vestimenta farsi subitamente brillanti, nelle notti tempestose. Nel libro sulla guerra africana, § 47, dei *Commentari* di Giulio Cesare, leggiamo che, durante una notte procellosa, i ferri di lancia della quinta legione in viaggio erano sormontati da una lingua di fuoco. Tito Livio racconta che il giavelotto, col quale Lucio Atreo armava suo figlio, arruolato di recente nelle' milizie, gettò fiamme per più di due ore, senza esserne consumato. I fuochi di Sant'Elmo, che così sovente serpeggiano sulle punte degli alberi e lungo i sartiami dei bastimenti, hanno la medesima origine.

Lo stato particolare che una procella atmosferica comunica al globo per la sua influenza, si manifesta talvolta con grandi fenomeni luminosi, che scompariscono poi, in seguito ad una violenta esplosione. Arago racconta come il 4 novembre 1749, a 42° 48' latit. N. ed 11° e $^1/_3$ longit. O. da Parigi, un globo azzurrognolo di fuoco, della grandezza apparente di una mola da molino, si avanzasse rapidamente verso il vascello inglese *Il Montague*, rotolando alla superficie del mare. Dopo essersi sollevato verticalmente, a poca distanza dalla nave, il globo andò a colpire gli alberi, con un frastuono comparabile a quello di più centinaia di cannoni. Il grande albero era spezzato in migliaia di frantumi, e sei uomini dell'equipaggio giacevano miseramente feriti.

La condizione eccezionale in cui le burrasche atmosferiche pongono la parte solida del globo, si manifesta talvolta per mezzo di detonazioni fulminanti le quali, senza alcuna apparenza luminosa, producono però gli stessi disastrosi effetti del fulmine propriamente detto. Il fulmine talora, invece di scaricarsi dalle nubi sulla terra, guizza da questa a quelle. In luogo dell'abituale serpeggiante losanga, la scarica elettrica assume talfiata la forma di globi di fuoco, come nel caso pur dianzi citato.

Arago distingue tre specie di *Lampi*. Quelli della prima classe consistono in solchi di luce molto affilati e sottili, propagantisi d'ordinario in losanghe molto pronunciate. — I lampi della seconda categoria hanno una luce la quale invece di concentrarsi nei sinuosi solchi, che sono propri della precedente, abbraccia immense superficie. — Quelli della terza specie hanno una forma

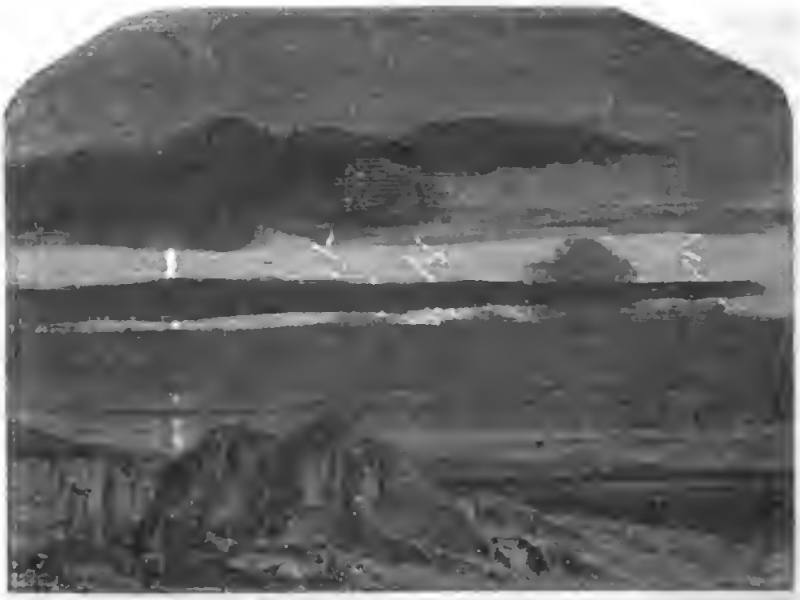


Fig. 76. — Diverse forme di lampi semplici.

globolare ed una durata notevolmente più lunga di quella delle due antecedenti *(Fig.* 76*)*.

Fig. 77. — Lampi arborescenti.

Digitized by Google

Digitized by Google

Il Sig. Em. Liais, nella sua bella opera *Les Espaces Celestes*, aggiunge a queste tre forme di lampi un quarto tipo, quello dei lampi *a più diramazioni*. Essi sono estremamente rari; ma l'Autore ha potuto vederne di magnifici nel Brasile, dove ne presenziò di quelli biforcati; altri a tre o quattro o più rami, ed altri finalmente, splendidissimi, ch'egli chiama *arborescenti*, perchè foggiati a forma di alberi immensi con una moltitudine di rami *(Fig. 77, 78)*.

Fig. 78. — Lampi radiati.

Gli effetti ordinari del fulmine sono troppo noti, perchè noi ci facciamo a partitamente descriverli *(Fig. 79)*. Ricorderò solamente come le masse di ferro e di acciaio traversate dalla folgore diventino magnetiche; e numerose osservazioni dimostrano che, a bordo delle navi colpite dal celeste fuoco, le bussole furono deviate dalla normale loro direzione.

I viaggiatori trovano assai di frequente sulla vetta dei monti gli strati superficiali delle rocce vetrificati dal fulmine. Quando

esso traversa una massa di sabbia, uno strato di silice, vi forma quei singolari tubi di quarzo fuso e conglutinato, lunghi talvolta persino 10 o 12 metri, ai quali è stato dato il nome di *Fulguriti.*

Fig. 79. — Il Fulmine.

IV.

Fra i problemi della Fisica del globo, è notevole quello della distribuzione geografica e cronologica dei temporali fulguranti.

È a tutti noto che la frequenza del fulmine e del tuono non è eguale, nè uniforme nei vari luoghi della terrestre superficie. Gli abitanti di Lima nel Perù, se non hanno viaggiato, non si formano idea alcuna del tuono, ch' essi non odono giammai. E per citare, dopo un paese tropicale, una regione polare, ricorderò come il celebre Scoresby osservi cho, durante i suoi numerosi viaggi, egli non vide lampeggiare cho due sole volte al di là di

65 gradi di latitudine, e crede che allo Spitzberg non lampeggi giammai.

Sebbene il basso Perù nelle regioni equinoziali sia un paese dove il tuono è sconosciuto, si è pur tuttavia in quelle regioni medesime, in complesso considerate, che tuona il più frequentemente. Mentre nell' Europa occidentale, il numero medio annuale dei giorni di tuono s' innalza raramente a 20, a Rio-Janeiro e nell' India giunge invece a 50. Il Sig. Boussingault, che ha fatto un viaggio nelle Cordigliere, pensa che, nella zona equinoziale, in tutti i giorni dell' anno e in tutte le ore del giorno, vi abbia qualche punto dell' aero, ove accadono scariche elettriche; e dice che un osservatore posto all' equatore, se fosse dotato di organi abbastanza sensibili, vi sentirebbe *costantemente* il frastuono della folgorante tempesta.

Si è spesso sollevata tra i meteorologi una questione di archeologia: tuona egli oggidì tanto, o più, o meno che nei tempi antichi? — Plinio diceva che in Egitto non tuona giammai; ora, io ho udito il tuono in Alessandria; ed al Cairo stesso mi fu detto che in media tuona tre o quattro volte all' anno. Dall' altro canto, se noi accettassimo come veri tutti i racconti della dotta antichità, dovremmo inferirne che la folgore fosse allora più frequente che ai giorni nostri. Mentre, infatti, la storia moderna non ci presenta alcun grand' uomo fulminato a morte, le tradizioni greche e romane ci schierano dinanzi i nomi di Salmoneo, Capaneo, Semele, Romolo, Encelado, Tifone, Aiace di Oileo, Esculapio, Adamante, Licaone, Tullo-Ostilio, gli imperatori Caro ed Anastasio I, e di altri illustri personaggi, uccisi dal fuoco del cielo. Ma chiunque sappia in qual modo si scriva troppo sovente la storia, approverà certamente la mia prudenza, se mi astengo dal dedurre alcuna positiva illazione da questa sorta di confronti.

È certo che le circostanze locali influiscono moltissimo sulla frequenza dei fenomeni elettrici. Ma quali sono le circostanze che la aumentano? Quali quelle che tendono a diminuirla? È impossibile dare a tali quesiti risposte assolute. Sembra però che, nei

paesi i quali hanno vasto miniere metalliche (come il Perù, la contea di Cornovaglia, i dintorni di Swansea) la folgore ed il tuono siano notevolmente più rari che altrove, talvolta anzi completamente assenti. I terreni calcari sono, secondo il Sig. Dillwyn, quelli ove le burrasche hanno maggior forza e frequenza.

Da varie osservazioni sembra doversi inferire che i fulmini e i tuoni siano relativamente più frequenti che altrove alle foci dei grandi fiumi. Nella bellissima relazione del suo viaggio quinquennale intorno al globo *(Journal of researches during the voiage of the Beagle)*, Carlo Darwin riferisce che in una sola burrasca 37 località furono colpite dalla folgore a Buonos-Ayres, sulle rive della Plata. Non è egli possibile (domanda il grande naturalista) che la mistura di grandi masse d' acqua dolce e salata valga a disturbare l' equilibrio elettrico?

È opinione assai accreditata che in alto mare il tuono si faccia men sovente sentire, che nell' interno dei continenti. Arago credo di averne trovato una prova induttiva: segnando sovra un mappamondo, in latitudine, tutti i punti, nei quali i navigatori furono assaliti da burrasche accompagnate da tuono, riconobbe che il numero di questi punti diminuisce in ragione diretta dell' allontanamento dalle coste.

Molto variabile, a seconda dei diversi punti della superficie della terra, è la distribuzione annua, mensile o diurna delle scariche e delle procelle elettriche.

In Genova, in un decennio di osservazioni, il più volte citato Prof. Garibaldi notò 318 giorni segnalati da fenomeni di elettricità fulgurante, ed ebbe quindi un numero medio annuale di 32 giorni. La ripartizione mensuale di questi fenomeni seguitò un andamento analogo a quello delle medie temperature mensili: la massima frequenza delle folgori si ebbe, infatti, nell' estate; la minima, nell' inverno; la frequenza d' autunno fu maggiore di quella della primavera. Dei 32 giorni fulguranti dell' anno, circa la metà appartiene all' estate, e il decimo soltanto all' inverno. Non è però questo il numero de' giorni, ne' quali si ebbero veri temporali

fulminei, con ripetute ed abbondanti scariche elettriche; non sommano essi a tanto: 11 circa se ne ebbero in ogni anno, e non più; e corrispondono quindi al terzo circa dei 32 giorni fulguranti dell' anno.

Il Sig. Raffaelo Drago osservò, del pari in Genova, num. 17 temporali sì nell' anno 1860, come nel 1861. Da un certo numero di osservazioni, che avrebbero però bisogno di essere più a lungo ripetute, io crederei di potere inferire che, in questi ultimi dieci anni, il numero dei temporali fulminanti e delle scariche elettriche, sembrerebbe essere minore che nel periodo decennale antecedente.

Dalle osservazioni del Sig. Quetelet nel Belgio apparisce: 1.° che il numero dei temporali fulminei è, in quella regione, di 15 a 16 all' anno; 2.° che i temporali invernali ed estivi sono numericamente come 1 a 21 circa; ma che in inverno, se meno numerosi, sono però assai più pericolosi che in estate; 3.° che il numero annuo dei temporali, per un dato luogo, può variare considerevolmente da un anno all' altro, ed innalzarsi persino a 4 volte il suo valore comune; nell' atto che in altri luoghi, distanti dal primo non più di 15 a 20 leghe, la media generale non cambia; 4.° infine, che l' effetto di uno stesso temporale è talfiata così ristretto, in quanto allo spazio, che non si estende al di là di una o due leghe, e la sua velocità è così grande, che la si può ragguagliare a quella dei più rapidi venti.

Fa d' uopo non dimenticare ciò che ho detto sul cominciare della lezione presente, che cioè, durante l' estate, lo strato d' aria agitato, nel cui seno i temporali si formano, è molto più alto, che durante l' inverno. È questa la cagione per cui in quest' ultima stagione, le meteore fulminee, tuttocchè meno frequenti, sono però, come osserva il Quetelet, più pericolose che nella stagione opposta. I temporali d' inverno, mentre che il sole è nelle nostre contrade più basso dell' equatore, formansi *tra le nubi ed il suolo;* quelli invece, più frequenti, che scoppiano in estate, quando il sole è al di sopra dell' equatore, si formano più in alto, *tra le nubi e lo strato immobile dell' atmosfera.*

Nel primo caso, le esplosioni d' inverno agiscono sulla terra in una estensione orizzontalmente più grande, e colpiscono di preferenza i punti culminanti. Nel secondo caso, la grandine accompagna generalmente le scariche elettriche; le quali agiscono anche esse sulla terra, ma in modo più diffuso, e senza colpire così esclusivamente i punti più alti. Le due forme di temporali trovansi rispettivamente indicate nella figura seguente, con bastevole chiarezza, perchè non siano necessarie ulteriori spiegazioni.

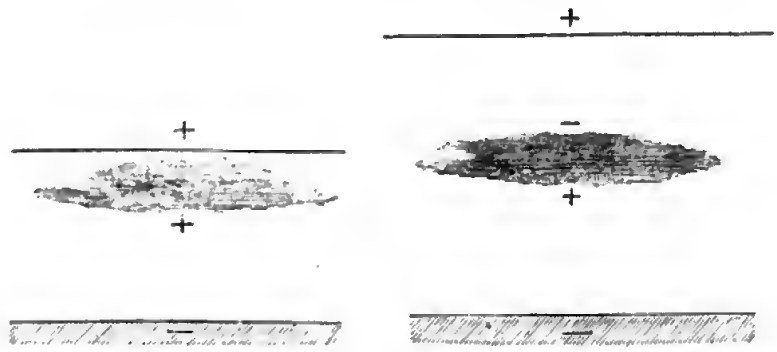


Fig. 80. — Temporali fulguranti di estate e d' inverno.

Una delle meteore che sono dai più intimi rapporti connesse con l' elettricità atmosferica, è, senza dubbio la *Grandine*. — In Europa ed in tutte le regioni temperate, si è nell' estate e sovratutto dopo i grandi calori, che si verificano le più copiose apparizioni di questa triste e malangurata meteora. Sembrerebbe dunque, a prima giunta, doversene inferire che l' elevazione della temperatura sia la condizione prima ed essenziale della formazione della meteora stessa, e che, nelle contrade tropicali, questo fenomeno debba essere perciò frequentissimo. — Eppure ciò non è punto vero. In tutte le contrade intertropicali poco elevate sul livello del mare, la grandine è rarissima; mentre invece è frequente nei climi freddi. A Rio-Janeiro non grandina quasi mai; al Capo Horn, invece, e sulla Terra del Fuoco, spessissimo cade

la grandine. Sotto i tropici stessi, ma a grandi elevazioni montane, frequenti sono le cadute di acqua ghiacciata; e, come in Europa, vi si osservano particolarmente nelle stagioni, nelle quali il sole è più presso allo zenit, ed in cui, per conseguenza, la temperatura è più elevata. — Sembra adunque risultare dalla legge di ripartizione geografica delle grandini, che le condizioni favorevoli alla loro formazione non consistono già unicamente nell' elevazione della temperatura degli strati d' aria a contatto col suolo; ma bensì nella combinazione, nella coincidenza di questa elevazione stessa con la circostanza di un rapido decremento del calore nelle più alte regioni dell' atmosfera, il che appunto accade nella stagione estiva delle zone temperate e delle alte catene montane. Infatti, il primo fenomeno, cioè la elevazione della temperatura delle inferiori falde aeree, favorisce l' accumulazione e l' ascensione di abbondanti vapori d' acqua; ed il secondo, cioè il progressivo raffreddamento degli strati superiori, facilita la successiva condensazione ed il rapido congelamento dei vapori medesimi. — Del resto, si è particolarmente quando cade la grandine, che si osserva quel fenomeno, che feci già notare di sopra, della sovrapposizione, cioè, di vari strati di nubi, viaggianti per lo più in direzioni differenti. Lo strato più basso è, per l' influenza della terra, elettrizzato negativamente; lo strato soprastante ha, invece, l' elettricità positiva. Fra due nembi così opposti nelle loro proprietà, si ingenerano energiche attrazioni ed un continuo moto di andirivieni. I ghiacciuoli, che vi sono contenuti, vengono spinti e respinti da una nube all' altra, dando luogo a quel particolare frastuono, che precede la loro caduta. Nella loro corsa, raccolgono intanto tutte le particelle ghiacciate che incontrano: il freddo che hanno preso in alto condensa nuovo vapore d' acqua in basso, e l' acqua così si congela; il loro volume e la loro massa aumentano quindi rapidamente. Quando una delle due nubi ha perduto una parte della sua energia elettrica, in conseguenza dell' attrazione dell' altra, i ghiacciuoli (d' altronde fatti più pesanti) perdendo il loro sostegno, cadono sulla terra. Indi il fenomeno osservato quasi co-

stantemente, che la grandine non suol venire già continuata per un lungo periodo, ma cade, invece, a rovesci alternativi e discontinui, interrotti appunto dagli intervalli, nei quali i ghiacciuoli si formano e poi precipitano.

VI.

Mi resta a parlare ora di un fenomeno, fortunatamente ancora meno frequente dei precedenti, ma intimamente collegato anch'esso con le forze elettriche residenti negli spazi atmosferici, tuttocchè finora la scienza non abbia con piena certezza determinato le relazioni positive che a queste forze lo connettono.

Voglio accennare alle cosidette *Trombe*. — Conviene anzitutto distinguere due ben diverse categorie di meteore, indicate con

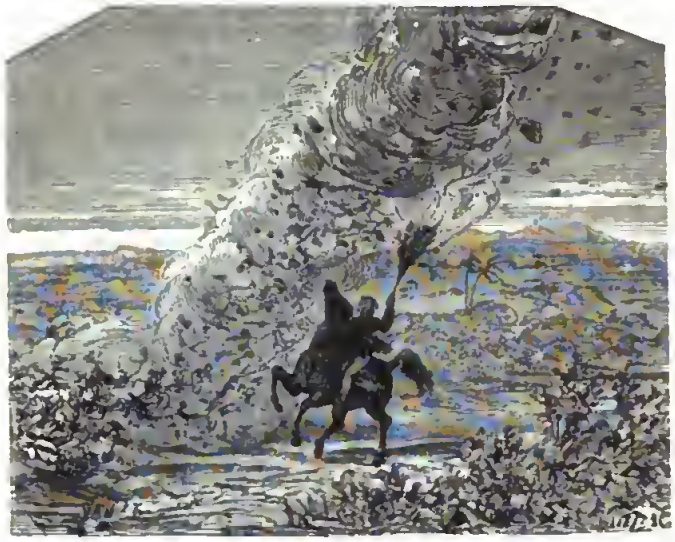


Fig. 81. — Tromba d'aria.

questa generica denominazione. Le trombe della prima specie, che chiameremo *Trombe d'aria (V. Fig.* 81*)*, meno violente e men

pericolose, sono quelle che produce l'incontro angolare di venti contrari, e le quali non hanno quindi altra causa, fuorchè l'impulso meccanico delle forze messe in movimento nelle grandi agitazioni dell'atmosfera. Sui mari, queste trombe non sono, in sostanza, che cicloni più piccoli ed operanti in più ristretta sfera, ma soggetti alle medesime leggi, che nella nostra XVI^a Lezione vedemmo imperare sulle grandi tempeste a tipo rotatorio.

Talvolta queste trombe si formano nei paesi di montagna, ove il vento s'ingolfa nelle strette gole, ed è obbligato dagli ostacoli che incontra a soffiare in direzioni variabili od opposte. « Io fui sovente (dice il Kaemtz) testimonio di questi fenomeni nelle Alpi. Una volta, un vento di mezzodì molto forte spirava sulla vetta del Rigi, e le nubi, che passavano ad una grande altezza al disopra del mio capo, correvano nella stessa direzione. Il vento di tramontana soffiava a Zurigo e risaliva il versante boreale della montagna. Quando raggiunse la cima, leggieri vapori si formarono, e sembravano cercar di valicare la cresta; ma rigettati indietro dal vento meridionale, salivano sotto un angolo di 45 gradi e scomparivano non lungi dal vertice. La lotta dei due venti contrari durò varie ore. Un gran numero di turbini si formarono al punto, ove i due venti si incontravano, presentando un singolare spettacolo ».

Ma ben altrimenti terribili sono le trombe della seconda specie, le quali si manifestano più spesso sotto i tropici, talora però nelle nostre latitudini eziandio; ed in esse l'elettricità ha, senza dubbio, cospicua parte.

Innanzi all'apparizione delle trombe onde ora favelliamo, le quali sono, del resto, assai più frequenti sul mare che sulla terra, scorgonsi nuvole nere, procellose, agglomerarsi, formarsi a strati irregolari; la nube inferiore abbassarsi quindi sotto la forma di un cono rovesciato, la cui punta accostasi man mano alla superficie terrestre. Al di sotto di questa nube discendente, le acque sembrano costituirsi in ebollizione, ed il vapore che ne esala innalzarsi, come una specie di fumo. — Quando la tromba passa sul suolo, solleva e assorbe le polveri e gli oggetti leggieri,

che si mettono tosto a turbinare con lei *(Figura 82)*. Allorchè la punta del vaporoso cono tocca il mare, scorgesi sovente la superficie di questo inclinarsi, incavarsi in quel punto e formarvisi come una grande depressione circolare, quasichè una violentissima corrente d'aria uscisse dalla meteora. Talvolta invece le acque sono sollevate, in forma di colonna o di cono ascendente. Di mezzo ai nembi di vapori che circondano l'inferiore parte della tromba, vedonsi spruzzi d'acqua slanciarsi e ricadere al di fuori del fenomeno. Quasi sempre tutti questi movimenti sono accompagnati da un alto frastuono, da strani fischi e sibili, e susseguiti da fulmini, tuoni, grandini e pioggie diluviali *(Fig. 83)*.

Fig. 82. — Tromba elettrica in terra.

Al dire di Peltier, quando le nubi, durante un tempo caldo e calmo, perdono, per una rapida evaporazione, gran parte dei loro vapori, conservano ancora allo stato latente una notevole porzione della elettricità, di quella elettricità che, nei tempi umidi, i vapori stessi versano abbondantemente sul suolo attraverso alla pure umida atmosfera. Allorchè le nuvole, per cotal guisa sovrac-

cariche di fluido elettrico, ed accumulate sovente in masse enormi, vengono traslocate dalle perturbazioni meccaniche dell'atmosfera, aggiungono alle violente impulsioni dell'aria le potenti influenze di attrazione e di ripulsione che sono proprie delle forze nel loro seno contenute. Al ciclone meccanico si accoppia allora, per così dire, un ciclone elettrico. Così, secondo questa teoria, le trombe della seconda specie sarebbero determinate da una violenta emissione di elettricità dalle nubi verso la terra, sotto forma di corrente continua, invece della forma ordinaria e comune delle scariche successive. Ma quale è la causa che determina questa corrente? Difficile è, nello stato attuale della scienza meteorologica, la risposta ad una tale questione. Vi ha luogo a credere che lo stato elettrico del sottosuolo non sia senza influenza in questo caso, e che la condizione che può formare le trombe della prima specie si combini allora con quella che produce il fulmine. Sotto l'azione della prima di queste condizioni, cioè sotto l'azione meccanica dei turbinosi movimenti delle masse aeree, si stabi-

Fig. 81. — Tromba elettrica in mare.

lisce, per via di condensazione, una colonna di vapore, formando una specie di conduttore imperfetto, attraverso al quale l'elettricità della nube procellosa si esala. La seconda condizione, cioè la coesistenza dell'elettricità positiva della nuvola e della negativa del suolo, determina il passaggio del fluido, dalla prima verso il secondo, attraverso ai turbinanti vapori della meteora; ma, invece di operarsi istantaneamente e per via di separate scariche, come nel fulmine, questo passaggio si fa per via di corrente continua, lungo il conduttore pur dianzi descritto.

Questa è la forma più comune delle trombe elettriche. — Talfiata però turbini di questa natura avvengono, senza essere stati preceduti da nubi, o almeno da nubi visibili ed opache. Il già citato Peltier ammette che i vapori carichi di elettricità possano aggrupparsi in masse trasparenti e produrre poi gli stessi fenomeni, accennati poc' anzi. Nel deserto d'Africa vedesi talvolta, durante le grandi calme, e sotto il sole ardente, la sabbia innalzarsi e turbinare vivamente. In India sono conosciute e descritte da Baddeley e Piddington le cosidette *tempeste di polvere,* cagionate da colonne spirali di fluido elettrico, che passano dall' atmosfera alla terra. Esse hanno un movimento traslatorio, uno rotatorio come le tempeste giranti del mare, ed inoltre un singolare e tutto loro proprio movimento spirale dall'alto al basso.

Il Sig. Baddeley si è accertato della natura elettrica di queste meteore, disponendo, sul tetto della sua casa a Lahore, un filo di rame, isolato sopra un'asta di bambù, e portando una estremità del filo nella sua camera, dove lo fece comunicare con un elettrometro a lamina d'oro, ed un filo staccato comunicante, a sua volta, colla terra. Un giorno o due dopo aver preso queste disposizioni, l'osservatore inglese vide, durante una tempesta di polvere (che gli indigeni chiamano un *Indiavolato*) il fluido elettrico passare, in forma di vive scintille, da un filo all'altro, ed influenzare potentemente lo elettrometro.

Io ho descritto, o Signori, alcune delle più notevoli meteore che sono dai più intimi legami connesse alle forze elettriche del-

l'atmosfera. Alcuni altri fenomeni congeneri mi restano ancora a spiegare; e lo farò dopo che avrò accennato ad un'altra specie di forze, alle forze magnetiche, le quali vengono anch'esse a complicarne vieppiù o a determinarne lo svolgimento.

Digitized by Google

LEZIONE XX.

Magnetismo terrestre

SOMMARIO.

Unità delle Forze fisiche. — Il Magnetismo. — Magnetismo terrestre. — Declinazione. — Sue variazioni secolari, annue, diurne. — Bussola di Declinazione. — Inclinazione. — Sue variazioni. — Bussola di Inclinazione. — Intensità magnetica. — Equatore, paralleli e meridiani magnetici. — Linee isogoniche, isocliniche ed isodinamiche. — Perturbazioni e Tempeste magnetiche. — Aurore boreali.

I.

Signori,

L' epoca in cui noi viviamo, così ragguardevole e singolare per tanti avvenimenti politici, per tante rivoluzioni sociali, per una serie infinita di profonde modificazioni nelle idee morali, religiose, economiche e scientifiche professate da una gran parte del genere umano, si raccomanderà (io ne ho fede) eziandio al diuturno ricordo dei posteri, per un immenso cambiamento avvenuto nei fondamentali principii sui quali riposano le scienze fisiche, o (con più generale ed al tempo stesso più esatta espressione) su cui riposa la Filosofia naturale.

Mentre per lo passato, sotto i diversi nomi di *calorico*, di *elettricità*, di *luce*, di *magnetismo* e di altre forze della natura, desi-

Digitized by Google

gnavano i Fisici e studiavano altrettante energie o potenze, credute affatto indipendenti fra loro ed essenzialmente distinte, le più mirabili scoperte della scienza moderna hanno oramai palesato le più intime ed indissolubili relazioni tra tutte queste cause di modificazione e di movimento. L'unità sostanziale delle forze fisiche non è più allo stato di ipotesi, dopo gli immortali lavori di Mayer o di Helmholtz in Germania, di Grove e di Tyndall in Inghilterra, di Malus, di Hirn e di Boucheporn in Francia, di Secchi in Italia. E se non tutte ancora si conoscono le leggi, che presiedono allo conversioni scambievoli ed alle reciproche trasformazioni del Calore in Movimento e viceversa, o a quelle della elettricità, del calorico, del magnetismo, non è men vero però che il principio fondamentale della nuova Fisica può considerarsi come posto oramai fuori d'ogni seria disputazione.

Anche la Fisica del globo e la Meteorologia porgono una mirabile, benchè indiretta, conferma di questo principio, mostrando a chiare note le intime e continue correlazioni, che insieme collegano i fenomeni prodotti dalla temperatura, dalle pressioni barometriche, dalle cause elettriche e da tutti gli altri elementi che in questo Corso noi siamo venuti passando successivamente in rassegna.

Fra tutte le energie o forze che sollecitano la materia, nessuna ve n'ha che abbia somministrato occasione a più delicate ricerche, e nessuna fors'anco intorno alla quale la scienza sia in diritto di attendersi ancora più importanti rivelazioni, di quella che ha ricevuto il nome di *Magnetismo*.

Senza entrare ora nelle sottili discussioni di alta filosofia naturale intorno alla natura del magnetismo in generale, io intendo semplicemente, o Signori, di richiamare la loro attenzione su quella parte della Fisica del globo, che si occupa del magnetismo terrestre, argomento dai più intimi legami connesso con quello delle meteore elettriche, sul quale ho avuto l'onore di intrattenerli nella mia passata lezione.

Il *Magnete* o la *Calamita naturale* è un corpo risultante da una combinazione di protossido e di sesquiossido di ferro. Gli Antichi

conoscevano la più apparente delle sue proprietà, consistente nell' attrazione esercitata sul ferro; ma ignoravano completamente quelle che sono relativo alla sua direzione.

Le proprietà della calamita sono trasmissibili al ferro, al nichelio, al cobalto ed al cromo; esse divengono permanenti nell' acciaio, col quale sono costrutto le *Calamite artificiali*, o più propriamente gli *Aghi magnetici* ordinari. Il ferro non può acquistare una durevole virtù magnetica, se non combinato con certe determinate proporzioni di carbonio, di fosforo e di solfo.

Un ago magnetico sospeso sopra un perno in modo, che possa liberamente muoversi in un piano orizzontale, si ferma in una direzione, che apparisce sensibilmente costante ad un occhio che non vi guardi molto per lo minuto. L' una delle estremità è rivolta a Settentrione (Nord), l' altra a Mezzodì (Sud).

Se non che, l' asse che passa pei due poli non coincide esattamente col meridiano terrestre, almeno sulla superficie dell' Europa e sopra una gran parte dell' Atlantico boreale. L' estremità boreale dell' ago magnetico si trova un tantino deviata verso Ponente. Chiamasi *piano del meridiano magnetico* di un luogo, il piano verticale che passa pei due poli della bussola, in quel luogo medesimo; come si chiama *piano del meridiano terrestre* il piano verticale che passa pei due poli del globo. L' angolo compreso fra questi due piani, dicesi *Declinazione dell' ago magnetico.*

L' esistenza della declinazione fu chiaramente indicata in un' opera manoscritta del 1269, di un certo Pietro Adsiger, la quale si trova nella Biblioteca dell' Università di Leida in Olanda. Ma si fu Cristoforo Colombo colui che scoperse i cambiamenti che subisce la declinazione dell' ago quando si cambia di posizione sul globo. Il grande navigatore fece questa osservazione durante il suo primo viaggio, il 13 settembre 1492, riconoscendo che l' angolo andava sempre aumentando, a misura ch' ei si avanzava verso Occidente.

Digitized by Google

II.

Si adoperano, per misurare la declinazione, bussole di diversi modelli. Io descriverò il più perfetto di tutti, che è quello della bussola di Gambey, che è qui figurata *(Fig. 84)*.

Essa è sopportata da un sostegno a tre piedi a viti calanti, sormontato da un circolo azimutale minutamente graduato. Nel piede trovasi incastrato un asse verticale che sostiene tutte le parti superiori e mobili del congegno, le quali possono, per tal guisa, girare attorno a quest' asse, misurandosi le loro posizioni sul circolo per mezzo di due nonii opposti, che si osservano con la lente. — La verticalità dell' asse si regola mediante un livello ordinario a bolla d' aria; e con un cannocchiale di mira, al piede dello strumento, si accerta, prendendo di mira un oggetto qualunque, che l' apparecchio è rimasto fisso durante l' operazione. — È inutile inoltre l' osservare che tutte le parti dell' apparato sono di rame rosso, e che non vi si deve trovare la menoma particella di ferro.

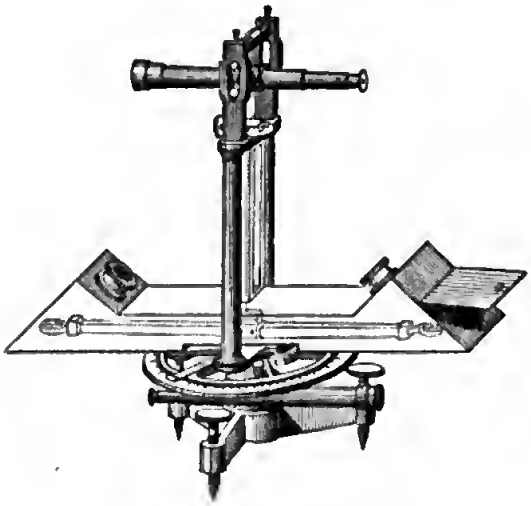


Fig. 84. — Bussola di Declinazione.

I pezzi mobili sopportati dall' asse hanno due differenti scopi: gli uni servono a sopportare la sbarra magnetica, gli altri a fare le necessarie osservazioni astronomiche ed a trovare la direzione

del meridiano geografico del luogo. — Cominciamo a descrivere questi ultimi.

Due colonne di rame sostengono sul loro vertice un cannocchiale che si muove in un piano verticale. Noi dirigiamo questo cannocchiale verso un astro conosciuto; e quando quest' astro passerà sotto la reticola dei fili del cannocchiale, noteremo l' ora vera, e leggeremo la posizione dei nonii sul circolo azimutale. In questo istante il cannocchiale si trova nel verticale dell' astro osservato, ed il suo piano fa, col meridiano geografico, un angolo che, con l' aiuto delle tavole astronomiche, è facile calcolare.

Le due colonne sostengono un verricello, sul quale è ravvolto un pacchetto di fili di seta senza torsione. Essi sostengono una staffa sospesa nella parte inferiore, ed in questa staffa si colloca la sbarra magnetica. Questa, così sospesa, sotto l' azione del magnetismo terrestre, si dirige e prende il suo equilibrio fisso.

Si fa girare allora tutto il sistema attorno all' asse verticale mobile, fino al momento in cui, guardando col cannocchiale, si vedono le due estremità della sbarra sotto la reticola. A questo momento, il cannocchiale è nel piano del meridiano magnetico, e l' angolo, del quale si è dovuto far girare l' apparecchio, misura la declinazione.

Ma, per fare quest' ultima osservazione, si hanno alcune difficoltà da superare e vari errori da correggere. — Occorre, prima di tutto, per mirar l' astro, puntare il cannocchiale all' infinito; poscia, invece, per mirare le estremità della sbarra, fa d' uopo osservare molto da vicino. Gambey adoperò un ingegnoso stratagemma, per soddisfare a questa doppia esigenza. — Vi ha, all' estremità del cannocchiale, un primo obbiettivo largo e poco convesso, col quale si vede all' infinito nello spazio; ma, nel mezzo di questo obbiettivo, ve ne ha un secondo, che è molto più piccolo e che è sovrapposto al primo. L' insieme di queste due lenti essendo molto più convergente della lente unica, il cannocchiale mira molto davvicino con la parte centrale, e molto lontano con la parte annulare. Or dunque, quando si vuole osservare l' astro, si chiude la lente

più piccola di mezzo, lasciando solo libera la lente annulare; e quando si vuole mirar l' ago, si copre la parte annulare, lasciando arrivar la luce attraverso alla sola parte centrale. Nell' un caso si ha un telescopio; nell' altro, un microscopio.

Per osservare con precisione le estremità della sbarra, fa d' uopo tracciarvi dei punti di mira molto sottili. — Gambey vi ha adattato armature di rame munite di annelli, nei quali sono tesi due fili che si tagliano ad angolo retto; si è il punto d' incrociamento di questi fili, che si prende di mira nella seconda parte della osservazione.

Se accade che il piano verticale nel quale si muove l' asse del cannocchiale, passi contemporaneamente pei due incrociamenti dei fili, e che la linea dei poli della sbarra sia coincidente con quella che congiunge i due punti di incrociamento, non vi è che una sola osservazione da fare. Ma, siccome queste due condizioni non si verificano sempre, fa mestieri dunque ripetere la operazione, o prendere poi la media dei vari valori ottenuti, cambiando di posto i poli della sbarra.

Finalmente, per evitare le agitazioni dell' aria, si protegge la sbarra, chiudendola in due casse di legno, munito di finestre chiuse con vetri, l' una superiore per mirare col cannocchiale i fili della sbarra stessa, l' altra inferiore per lasciar passare la luce che deve rischiarare i fili medesimi.

Or bene — Se partiamo da Genova, e ci avanziamo verso il Nord, seguendo il meridiano geografico, il cui piano passa per Genova, e, fermandoci successivamente a stazioni man mano più boreali, notiamo gli angoli che andiamo progressivamente osservando, potremo tracciare, sulla superficie del globo, una linea flessuosa, il cui prolungamento, fino alle due estremità della terra, formerà un meridiano magnetico.

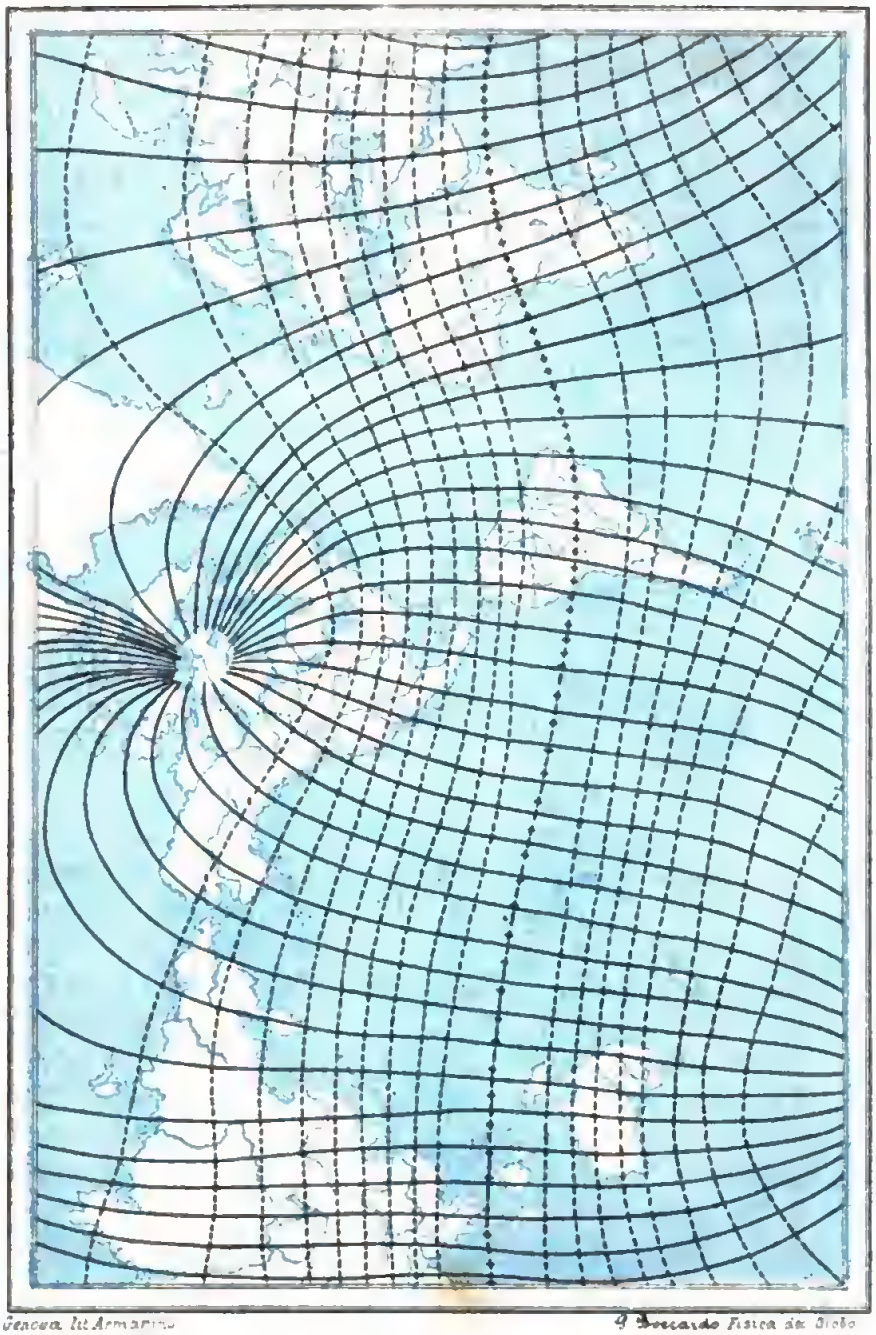
Un grandissimo numero di osservazioni di questo genere furono fatte da Sabine, Blosseville, Duperrey, de Tessan, Fitz-Roy ed altri insigni viaggiatori in varie parti del globo. E accanto alle spedizioni intraprese da questi valorosi esploratori, dobbiamo ricordare altresì con gratitudine i servigi renduti alla scienza dallo stabilimento

di numerosi Osservatorii magnetici in molti punti della terra, e fra i quali citerò l'osservatorio di Gottinga, diretto da Gauss e da Weber, quello di Toronto nel Canadà, quello di Hobart-Town nella Terra di Van-Diemen (due stazioni in particolar modo notevoli, e perchè situate presso agli antipodi l'una dell'altra, e perchè assai vicine ai due punti, ove la forza magnetica possiede il suo massimo grado d'intensità), l'osservatorio del Capo di Buona Speranza, e quello di Sant'Elena, ed altri. Il tesoro delle osservazioni, così raccolte, permise di tracciare una carta generale delle linee di eguale declinazione, ossia dei meridiani magnetici, o (se vuolsi) delle *Linee Isogoniche*, su tutta l'estensione del planisfero terrestre, giusta la proiezione del Mercator. Porgo un esempio di questa maniera di carte nella tavola qui esposta, e ricavata dai documenti forniti dal Duperrey nel 1825. — Come vedesi da questa carta, i meridiani magnetici convergono verso due punti molto diversi dai poli terrestri. L'un d'essi, il meglio conosciuto, è situato sulla boreale terra di Boothia Felix, nel Nord dell'America Settentrionale; l'altro, meno esattamente determinato, è nel mezzodì dell'Australia. Questi sono i *poli magnetici* della terra. In questi punti, la bussola diventa *folle*, vale a dire non ha più direzione determinata.

Per essere compiutamente fedele al vero, devo osservare che dalle più accurate osservazioni sembra emergere che i poli magnetici non siano *due* soli, ma *quattro*. Se noi partiamo da un punto molto orientale dell'Europa, per esempio da Pietroborgo, ove la declinazione è di 8° a ponente, e ci avanziamo da Est verso Ovest, noi la vediamo aumentarsi, e divenire di 15° $^1/_2$ a Stoccolma, di 20° a Cristiania, di 24° a Londra, di circa 40° sulla costa boreale della Islanda, e di quasi 51° nella colonia di Godthaab nella Groenlandia. Ma se, partendo da quest'ultimo punto, ci avanziamo nella baia di Hudson, noi la veggiamo diminuire, e scomparire interamente se ci innoltriamo nel continente americano, poscia divenire orientale, crescendo rapidamente in questo senso sulla costa occidentale del Nuovo Mondo. Prolungando le linee isogoniche,

Digitized by Google

Tav. X. PARALELLI E MERIDIANI MAGNETICI Pag. 442.



Genova lit. Armarino G. Boccardo Fisica del Globo

Digitized by Google

Digitized by Google

noi vediamo che esse si incontrano in uno stesso punto lontano dal polo della terra di 20°, e circa a 259° all' est di Greenwich; il che dà per questo punto una latitudine boreale di 70° ed una longitudine occidentale di circa 101°. — Ma, da un altro lato, se noi seguiamo, nel nord la costa di Norvegia, veggiamo la declinazione diminuire, e finalmente scomparire affatto nel Mare Bianco; e, se tracciamo il prolungamento delle direzioni dell' ago in questi diversi punti, le linee non vanno più a passare pel punto che abbiamo determinato poc' anzi; lo stesso accade dei prolungamenti delle direzioni dell' ago, nelle parti settentrionali dello stretto di Behring e nella parte nord-est della Siberia. Si è quindi indotti a supporre in qualche parte, nel mar di Siberia, un secondo polo boreale magnetico, che attira il polo nord dell' ago verso l' est, fra lo Spitzberg e la Norvegia, verso l' ovest nella Siberia orientale e nello stretto di Behring.

Osservazioni consimili possono farsi per rispetto all' emisfero australe, ove si avrebbero del pari due distinti poli magnetici: l' uno, orientale, a mezzodì della Nuova-Olanda, e l' altro, occidentale, a Sud della Terra del Fuoco. Designando per A il polo magnetico dell' emisfero australe, situato a Sud dell' Australia, per *a* quello dello stesso emisfero situato a Sud della Terra del Fuoco, per B il polo magnetico dell' emisfero boreale situato nella terra di Boothia Felix nell' America settentrionale, e per *b* quello che è nella parte Nord-Est della Siberia, si trova una coincidenza assai singolare: si trova cioè che A B sono quasi diametralmente opposti l' uno all' altro, porocchè ciascuno di essi è lontano dal polo terrestre di circa 20°, ed A è nel meridiano di 136° E., B in quello di 260° O. di Greenwich, il che costituisce fra loro una differenza di 124° in longitudine. I punti *a* e *b* hanno essi pure una situazione relativa analoga, ma con un grado minore di esattezza: la distanza di *a* dal polo australe è di 13°, quella *b* dal polo boreale della terra è di 40°; la longitudine del primo è di 237° E., e quella del secondo è di 116°, il che stabilisce fra loro una differenza di longitudine di 121°.

Se non che, o Signori, ecco un fatto dei più meravigliosi, che ci presenti la Fisica del globo. La carta magnetica, che qui espongo era compiutamente vera nel 1825; non lo è più esattamente nel 1867. — *La declinazione cambia*, infatti, *lentamente da un anno all' altro nel medesimo luogo.*

Le più antiche osservazioni di questo fenomeno furono fatte a Parigi. L' angolo che il meridiano magnetico faceva, nell' anno 1580, col meridiano terrestre, in quella metropoli, era di 11 gradi e 30 minuti ad oriente. Nel 1663 l' ago calamitato si dirigeva al polo; dopo essere stato due anni in questa posizione, cominciò ad allontanarsi dal polo, muovendo verso ponente, e nel 1667 faceva col meridiano terrestre un angolo di 15 minuti ad occidente. La declinazione continuò quindi innanzi ad essere occidentale: di 22° 51′ nell' anno 1805; di 22° 34′ nel 1814, epoca in cui raggiunse il suo limite massimo a ponente; quindi, continuando ad essere occidentale al meridiano terrestre, cominciò a deflettersi verso oriente: nel 1816, era di 22° 25′, nel 1835 di 22° 4′, nel 1852 di 20° 19′. — Io rimando ad una bellissima monografia di Arago su questo argomento coloro che bramassero più minute osservazioni in proposito.

In un Almanacco Genovese per l' anno 1817, pubblicato dal Barone De Zach, si trova che la declinazione dell' ago magnetico in Genova era

Nel 1651	5°, 58′ NE
Nel 1816 ai 3 novembre	20, 47 NO

Nel luglio del 1846 il Prof. Ciocca, servendosi di eccellenti bussole del Gambey, trovava, prendendo la media di 4 serie di osservazioni,

Declinazione in Genova	17°. 36′. 4″ NO

Queste variazioni *secolari* del magnetismo terrestre si riannettono, senza dubbio, ad un ordine di fenomeni coperto finora da inesplorato mistero, ma avente una grande influenza nell' economia della

Natura. E non va forse lontano dal vero il Sig. Marié-Davy pensando che lo studio di cotali fenomeni permetterà un giorno di spiegare certi cambiamenti osservati nei nostri climi d'Europa, cambiamenti che furono unicamente attribuiti al progresso degli sboscamenti ed a modificazioni seguite nei processi di coltivazione, mentre che, invece, se l'ipotesi dell'accennato meteorologo si realizzasse, avrebbero una causa ben altrimenti generale e profonda.

III.

Oltre alle variazioni secolari, l'ago, nella sua declinazione, è soggetto eziandio a tre altre specie di variazioni, che chiameremo variazioni *annuali, diurne ed irregolari.*

Le variazioni annuali o (se vuolsi) *mensili*, le quali sembrano connesse alle posizioni del sole relativamente agli equinozi ed ai solstizi, furono scoperte dall'illustre Cassini, il quale mostrò che nell'intervallo corrente dal mese di gennaio al mese di aprile, l'ago magnetico si allontana dal polo boreale, aumentando la declinazione occidentale. — Partendo dall'aprile e fino al cominciar del luglio (vale a dire durante tutto il periodo, che corre tra l'equinozio di primavera ed il solstizio estivo) la declinazione diminuisce, o, in altri termini, l'estremità boreale dell'ago si riavvicina al polo. — Dopo il solstizio di estate e fino all'equinozio di primavera, l'ago ripiglia la sua via verso ponente, per guisa che in ottobre esso si trova pressochè nella stessa direzione che in maggio: fra ottobre e marzo, il movimento occidentale è più piccolo che nei tre mesi antecedenti.

In sostanza, si scorge che nei tre mesi cadenti fra l'equinozio primaverile ed il solstizio estivo, l'ago retrocede verso levante, e che invece, nei nove mesi seguenti, il suo andamento generale è diretto verso ponente.

Questa legge, trovata nel 1786 da Cassini e confermata poscia nel 1800 da Gilpin, ha subito, negli anni successivi, alcune notevoli

mutazioni, segnalate dai Signori Beaufoy e Arago. Le oscillazioni annuali sono divenute gradatamente meno sensibili e cessarono quasi interamente; talchè sembra potersi oggi affermare che, se la retrocessione dell' ago verso il meridiano in primavera si verifica durante il periodo secolare della sua digressione occidentale, l' oscillazione va man mano scemando, dal momento in cui l' ago ha raggiunto il limite massimo di questa sua declinazione; ed attualmente, mentre la declinazione occidentale è nel suo periodo decrescente, non si osserva più una oscillazione sensibile (secondo le osservazioni di Bowditch) che nei soli mesi di settembre e di dicembre.

Veniamo ora alle variazioni *diurne*. — La loro scoperta rimonta all' anno 1722, ed è stata fatta da Graham. — Dalle osservazioni di questo e di altri molti scienziati, risulta che, durante la notte, l' ago resta press' a poco immobile nei nostri climi; col levar del sole, esso si mette in movimento, spingendo progressivamente il suo polo Nord verso occidente, fin verso una o due ore del pomeriggio; momento in cui raggiunge il suo massimo angolo occidentale; poscia l' ago si riavvicina verso il Levante, e riprende la sua posizione primaria intorno alle dieci ore della sera.

Tutto ciò fa presentire che tra l' azione solare ed il terrestre magnetismo esista una qualche arcana ma intima correlazione. Si comprenderà quindi il perchè alcuni moderni filosofi facciano risalire all' astro centrale del nostro sistema planetario la proprietà direttrice della bussola, e considerino le agitazioni che audiamo osservando nelle forze magnetiche, come l' effetto di fenomeni e di turbinamenti nati sulla superficie della massa solare.

Io non debbo entrare per ora in quest' ordine di altissime speculazioni: siami permesso però di far osservare di passaggio che i summentovati fatti forniscono nuova conferma alla tesi che ho accennato al principio di questa lezione, alla tesi, voglio dire, della essenziale unità delle cosmiche forze.

IV.

Verrò a momenti a parlare dell'ultima classe di variazioni della declinazione, delle variazioni *accidentali*. — Debbo in prima segnalare a Loro Signori un'altra specie di fenomeni relativi al magnetismo terrestre.

Se, invece di un ago mobile sopra un piano orizzontale, noi adoperiamo un ago mobile intorno ad un asse orizzontale coincidente esattamente attorno al suo centro di gravità, noi vedremo il polo boreale dell'ago inclinarsi al di sotto dell'orizzonte, di un angolo più o meno grande, secondo il piano nel quale è posto l'ago. — È questo il fenomeno che chiamasi *l'Inclinazione*.

Lo strumento col quale questa si riconosce e si misura, chiamasi *bussola di Inclinazione*. Come vedono, o Signori, da quella (anch'essa del Gambey) ch'io pongo qui loro sott'occhio, essa consiste in un circolo azimutale immobile, fissato sopra un piedo a viti calanti; in questo piede, nel centro del circolo, gira un asse verticale, su cui è fissato un circolo graduato, che può essere condotto in tutti gli azimut possibili e di cui si misurano le posizioni mercè di un nonio. Al centro di questo circolo, è sospeso l'ago magnetico sopra un perno, che passa pel suo centro di gravità e di figura, e che giace su due costole d'acciajo, sulle quali è deposto *(Fig. 85)*.

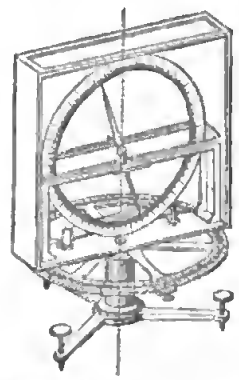


Fig. 85. — Bussola di Inclinazione.

Si comincia dal collocare lo strumento nel meridiano magnetico, in modo che il piano di oscillazione dell'ago sia in questo piano medesimo. Quando l'ago, dopo avere oscillato alquanto, prende la sua posizione di equilibrio, si leggono sul circolo i gradi e le frazioni di grado su cui si fermano le due estremità dell'ago.

L' angolo che queste estremità fanno col diametro orizzontale del circolo (che è segnato 0-180) indicherà la inclinazione magnetica. Tra il valore di quest' angolo, misurato da una delle estremità dell' ago e quello misurato dall' altra punta, teoricamente non vi dovrebb' essere differenza. Generalmente però una differenza si osserva, che dipende sia dalle imperfezioni dell' ago, sia da quelle delle divisioni; a ciò si rimedia, col prendere la media delle due osservazioni, invertendo i poli dell' ago, e con altre precauzioni e correzioni, che non è qui il caso di enumerare.

L' inclinazione fu osservata per la prima volta da Roberto Norman nel 1576. Nel nostro emisfero, si è l' estremità boreale dell' ago quella che si abbassa al di sotto dell' orizzonte: il contrario si osserva nell' emisfero australe. Fra queste due posizioni estreme, ne esiste un gran numero di intermedio; o, in altri termini, l' inclinazione, nello stesso momento, è diversa nei differenti luoghi. È facile comprendere che vi devono essere dei punti sui quali le due inclinazioni contrarie si annullano, sui quali cioè l' ago si mantiene orizzontale: la linea che contiene tutti questi punti si chiama *Equatore magnetico*.

Come la declinazione, così l' inclinazione subisce notevoli cambiamenti. — Essa varia, primieramente, da un luogo ad un altro, a Nord ed a Sud dell' equatore magnetico; e la nostra Tavola dei paralleli e dei meridiani magnetici vi descrive le inflessioni delle curve d' inclinazione, dette *Linee Isocliniche*. Il Prof. Ciocca, nelle osservazioni che ho di sopra citate, trovava a Genova una inclinazione di 62°, 10′, 55″.

Come vedono, o Signori, dalla nostra Tavola, l' equatore magnetico è una linea molto irregolare. Esso fu determinato dalle osservazioni di molti navigatori e scienziati, specialmente da quelle di Duperrey, Sabine e Blosseville. Esso taglia l' equatore terrestre sulla costa occidentale di Africa, rimonta a Nord, avanzandosi sul continente, fin verso lo stretto di Bab-el-Mandeb e l' isola di Socotora, tocca soltanto l' estremità meridionale dell' Asia, traversa le Caroline riaccostandosi all' equatore terrestre, che interseca di

nuovo nel mezzodì delle Sandwich, quindi, inclinandosi verso il Sud, traversa l'America da Lima a Bahia, poi si rialza nuovamente traversando l'Atlantico. Tale è la posizione *attuale* dell'equatore magnetico. Sembra però che questa posizione vada soggetta a graduali cambiamenti e che l'equatore magnetico sia animato da un movimento di traslazione da levante verso ponente, e subisca inoltre vari cambiamenti di forma, sovratutto presso ai punti nei quali taglia l'equatore terrestre, punti chiamati *Nodi*. Ai due lati dell'equatore magnetico, sono tracciati tanti *paralleli*, che passano ciascuno pei punti nei quali l'inclinazione ha lo stesso valore. Ai poli l'ago sta verticale, ragione per cui non ha più, come già vedemmo, alcuna direzione propria nel senso orizzontale.

Alessandro Humboldt, riproducendo un concetto esposto già fin dallo scorcio del XVI secolo da Roberto Norman o poi da William Gilbert e da Edoardo Wright, osserva giustamente che l'inclinazione dell'ago magnetico potrebbe utilmente impiegarsi per determinare la latitudine di un bastimento quando, circondato per molti giorni da nebbie, fosse nell'impossibilità di adoperare le solite osservazioni astronomiche, per trovar l'ora e la sua posizione. Sopra una costa diretta dal nord al sud, come son quelle del Chili e del Perù, le quali sono spesso, per lunge tratte dell'anno, involte da nebbie *(garua)*, questo metodo può riuscire di una utilità tanto più grande, in quanto che, precisamente sulle mentovate coste, una violenta corrente porta dal sud al nord, fino al Cabo-Parina; talchè un navigatore perderebbe molto tempo se, per non aver ben conosciuto la propria latitudine, approdasse a nord del porto ove vuole ancorare. Nel mare del Sud, dal Callao di Lima fino a Truxillo, vale a dire per una differenza in latitudine di 3° 57′, Humboldt ha trovato 9° (divisione centesimale) di variazione nella inclinazione dell'ago magnetico; dal Callao fino a Guayaquil, per 9° 50′ di differenza in latitudine, trovò 23° 05′ di differenza nell'inclinazione magnetica. Questo metodo per determinare la latitudine col soccorso della bussola d'inclinazione

è perfettamente applicabile quando la nave fa rotta tagliando presso a poco ad angolo retto le linee isocliniche; ed esso allora ha su tutti gli altri metodi il grande vantaggio di non richiedere la determinazione dell'ora nè, per conseguenza, l'osservazione del Sole o degli altri astri. Se le linee isocliniche coincidessero coi paralleli geografici e se l'equatore magnetico coincidesse con l'equatore geografico, questo metodo sarebbe applicabile con felice successo dovunque.

Anche l'inclinazione cambia col tempo in ogni determinato luogo. Subisce variazioni *secolari*, che furono esattamente osservate a Parigi. Ivi nel 1671 era di 75°; vi è discesa a 67° 14' nel 1835, e a 65° 55' alla fine dell'anno 1865, — il che ci dà una diminuzione media di circa duo minuti o mezzo all'anno. E il movimento decrescente non pare giunto oggi ancora al suo termine.

Le variazioni *diurne* della inclinazione seguono una legge abbastanza conforme a quella, con la quale vedemmo, nella antecedente Lezione, variare la tensione elettrica dell'atmosfera: il massimo angolo si ha verso dieci ore dol mattino, ed il minimo verso dieci ore di sera, secondo le osservazioni di Kupfer a Pietroborgo. Secondo quelle fatte da Bravais, si avrebbero due massimi o due minimi alternanti: un *primo massimo* a 6 ore della sera; un *primo minimo* a 1 ora antimer.; un *secondo massimo* a 7 ore mattutine, ed un *secondo minimo* a 11 ore antimerid.

Fra tutti gli elementi del terrestre magnetismo, quello di cui ci resta ancora a parlare e quello la cui determinazione presenti maggiori difficoltà è, senza dubbio, l'*Intensità*. Infatti, il valore della forza direttrice operanto sopra un ago, non dipende soltanto dalla intensità del magnetismo terrestre, ma eziandio dallo stato magnetico proprio dell'ago medesimo. Si può quindi benissimo misurare questa forza direttrice sopra uno stesso ago in differenti punti del globo; ma questa operazione di misura non può darci cognizione delle relative intensità del terrestre magnetismo in quei

luoghi diversi, se non a condizione che lo stato magnetico dell' ago sia rimasto identico ed invariabile durante tutto l' intero corso delle osservazioni (condizione difficilissima a verificarsi), oppure a patto di conoscere il modo in cui lo stato magnetico dell' ago avrà cambiato, il che è estremamente arduo ad ottenersi. È facile comprendere adunque l' importanza che la scienza annetteva alla ricerca di un metodo, per misurare l' intensità magnetica *assoluta*, indipendentemente, cioè, dagli aghi adoperati nella determinazione. Poisson aveva applicato il calcolo a questo problema, indicando un metodo fondato sull' uso simultaneo di due aghi; ma si è all' illustre Prof. Gauss, che spetta l' onore di aver risoluto la grave questione.

Sarebbe mestieri entrare nel più alto campo della Fisica matematica, per potèr dare una compiuta nozione della teoria sulla quale riposa la scoperta di Gauss e l' uso del suo *Magnetometro bifilare*. Rimandando quindi ai Trattati speciali sulla materia (e particolarmente a quello, sovra tutti bellissimo e completo, del Sig. De La Rive), io mi limiterò ad accennare i risultamenti; che la scienza ha ottenuti dalle sue indagini intorno al terzo elemento del magnetismo terrestre.

Come la Declinazione e la Inclinazione, così anche l' Intensità magnetica subisce variazioni, *tanto nell' ordine del tempo, quanto in quello dello spazio*. Rispetto ai tempi, Arago trovò ch' essa andava aumentando di anno in anno; ma un tale aumento (se tant' è che esista realmente) dev' essere assai tenue, dacchè il Sig. Quetelet non ha riconosciuto in questo elemento alterazione alcuna, durante un quarto di secolo di diligenti osservazioni.

In quanto alla distribuzione geografica della intensità, Humboldt avea trovato, nel 1799, che questa forza raggiunge il suo minimo in un punto a 7° circa a mezzodì dell' equatore, nel Perù. Nel 1805, lo stesso grande scienziato avea, con nuove osservazioni fatte in compagnia di Gay-Lussac, stabilito la legge che l' intensità magnetica va aumentando dall' equatore ai poli. Il generale (allora colonnello) Sabine fece un gran numero di osservazioni ana-

loghe sull' Atlantico, partendo dal 12° di latitudine boreale, fino alla punta più settentrionale dello Spitzberg. Valendosi di tutte le cognizioni così accumulate, e di quelle da lui stesso raccolte in un viaggio in Siberia, il Sig. Hansteen (il più benemerito cultore di questo ramo della scienza) ha potuto tracciare una serie di *linee isodinamiche* (che così appunto si chiamano le linee passanti per tutti i punti di eguale intensità), la cui ispezione mostra ad occhio veggente che, sopra uno stesso parallelo, l'intensità è molto più grande in America che in Europa; che le linee isodinamiche sono nel Nuovo Mondo pressocchè parallele all' equatore, mentre sull' Atlantico esse rimontano a Nord, per riaccostarsi in Europa (senza raggiungerlo intieramente) al parallelismo equatoriale. È troppo notevole il rapporto che l' andamento di queste linee presenta con le Isotermiche, il cui sistema fu da me esposto nella XII^a Lezione, per non indicarci chiaramente, tra le leggi della distribuzione del Calore e quello del Magnetismo terrestre, una stretta relazione, che i progressi della naturale filosofia metteranno, senza dubbio, in piena luce, avvalorando ognora più il grande principio della essenziale unità delle fisiche forze.

Lo studio delle linee isodinamiche conferma, del resto, l' esistenza, già rivelataci dai fenomeni di Declinazione e di Inclinazione, dei due centri o poli magnetici; con questa sola differenza però che il centro magnetico della regione occidentale dell' America settentrionale possiede una intensità notevolmente più ragguardevole di quello della regione orientale di Siberia. Benchè meno numerose e meno esatte, le osservazioni di intensità, fatte nell' emisfero australe, hanno permesso al Sig. Hansteen di riconoscervi due massimi negli stessi luoghi nei quali le osservazioni di declinazione e di inclinazione avevano già segnalato gli altri due poli magnetici del globo.

Dagli studi fatti da Humboldt, Gay-Lussac, Hansteen, Sabine, Ermann, Quetelet, Forbes, De La Rive ed altri, emerge che l' intensità magnetica va (come già accennammo) aumentando a misura che, allontanandoci dalle regioni equatoriali, ci accostiamo alle

regioni polari. Ecco la legge delle variazioni dell'intensità, dall'equatore magnetico fino al polo magnetico boreale

Inclinazione	Intensità
0°	1. 0
24°	1. 1
45°	1. 2
64°	1. 3
73°	1. 4
76°	1. 5
81°	1. 6
86°	1. 7

Interessante sarebbe a conoscersi l' influenza dell' altitudine sull' intensità e sulla inclinazione; ma fanno sventuratamente difetto le osservazioni; poichè finora quelle che furono fatte nelle ascensioni aeronautiche (e specialmente nelle ascensioni di Biot e Gay-Lussac, di Bixio e Barral, e di Glaisher) non sono sufficienti a dare con certezza la legge di queste variazioni. È certo però che la intensità magnetica decresce con le altezze.

Siccome l' intensità aumenta egualmente in entrambi gli emisferi, a misura che si risale verso i due poli, egli è evidente quindi che deve esistere un punto, sensibilmente prossimo all' equatore, ove quella forza è al suo minimo valore. Ma questo minimo non è un solo, nè è nello stesso punto in ciascun meridiano; e fra i vari minimi ve ne hanno di più o meno piccoli. Per esempio, sotto il 300mo meridiano, l' intensità diminuisce da 1,8 (valore che ha presso Nuova York, a 40° di lat. N.), fino a 1,0 (suo valore a 7° di lat. S., nel Perù); poi aumenta a mezzodì di quest' ultimo parallelo fino a 1,6, suo valore nella Terra del Fuoco. Sul 40mo meridiano, l' intensità scema dal valore 1,55 (sulla boreale costa dello Spitzberg) fino a 20° o 30° di latitudine australe, dove non è più che di 0,8, valore che sembra essere *il più piccolo dei minimi*; mentre il minimo che trovasi, sotto il 280° meridiano, presso l' equatore, il quale è alquanto superiore ad 1,0, sarebbe il *massimo minimo*.

Digitized by Google

Per la qual cosa, l' intensità ha, in ognuno degli emisferi, un doppio *massimo*. L' inclinazione ha egualmente un doppio *massimo* ed un doppio *minimo* sopra ogni parallelo geografico; e questi punti trovansi sugli stessi meridiani, sui quali sono i punti analoghi per l' intensità. Sul 60mo parallelo di latitudine boreale, l' inclinazione è circa di 82° nella baia di Hudson, e di 72° tra Stoccolma e Abo, di 75° sul meridiano d' Irkutsch, poi di 70° al Kamtschatkà. Del pari, sul 50mo parallelo di latitudine australe, l' inclinazione è superiore a 60° sul 280mo meridiano; è di circa 51° sul 340mo e quasi di 75° nella Nuova-Olanda. La direzione dell' ago orizzontale concorda del pari (noi lo vedemmo) con l' inclinazione e, per conseguenza, con l' intensità, nel designarci i quattro poli magnetici.

Non meno della declinazione e della inclinazione, l' intensità subisce variazioni medie *mensili*, dando due *massimi*, verso marzo o settembre, vale a dire presso gli equinozi, e due *minimi* verso giugno e dicembre, cioè in vicinanza dei solstizi.

Soggiace pure l' intensità a variazioni *diurne* od *orarie*, consistenti in un movimento alternativo di andirivieni, il quale (secondo le accuratissime osservazioni fatte dal Sig. Lamont a Monaco di Baviera) darebbe un *primo massimo* alle 6 ore del mattino, un *primo minimo* alle 10 ore antimer., un *secondo massimo* alle ore 11 di sera ed un *secondo minimo* alle 5 della sera. A questa legge però sembrano darsi alcune eccezioni: per esempio, a Valdivia nel Chili, invece di quattro oscillazioni diurne, ne furono osservate tre soltanto.

V.

La scienza non si è circoscritta nella ricerca dei meri *fatti* relativi al magnetismo terrestre; si è anche spinta ad indagarne la *causa*. — Che è mai il magnetismo terrestre? In che risiede esso? Qual è la sua origine, la sua forma, la sua essenza? Perchè così

Digitized by Google

varia eppure così regolare è la sua distribuzione nello spazio e nel tempo? — Gravissime questioni, alle quali non ci è conceduto ancora di dare una risoluta ed adequata risposta.

Il genio meraviglioso di Gilbert si era contentato di dire che *la Terra è un immenso magnete* e che, per conseguenza, ha due poli magnetici assai prossimi ai poli geografici. Ma Halley ed Hansteen hanno dimostrato che, per ispiegare i fenomeni del terrestre magnetismo, l' ipotesi dei due poli non basta, e che fa mestieri ammetterne quattro. Se adunque questi poli sono soggetti alle leggi generali dei poli delle calamite, e se la Terra è un grande ma doppio magnete, fa d' uopo inferirne che il pianeta è traversato da due aghi magnetici *incrociati* al centro, formando i due assi un certo angolo fra loro. È bensì vero che esiste nella terra un ossido di ferro magnetico dotato di polarità; ed Humboldt ha riconosciuto positivamente il magnetismo polare di certe rocce e persino di una intera montagna. Ma, prima di tutto, è troppo ardita e gratuita affatto l' ipotesi che la terra contenga nelle sue viscere una quantità di simili rocce, bastevole a produrre e spiegare i fenomeni del terrestre magnetismo; ed inoltre questa ipotesi ne richiede un'altra non meno ardita, nè punto meglio spiegata, quella cioè della regolare distribuzione, che avrebbe dovuto assumere la polarità magnetica delle rocce medesime.

Il Sig. Barlow, dopo avere dimostrato (ciò che, del resto, già risultava dagli studi di Biot, di Pouillet, di Gauss e di altri) che nè la presenza di un unico magnete, nè l' incrociamento di due o più magneti nell' interno del globo, non valgono a dar piena ragione dei fenomeni del terrestre magnetismo, opinò che si possa invece molto bene spiegarli ammettendo, con Ampère, varie correnti elettriche circolanti attorno al pianeta, nella direzione circa da levante a ponente; e, cercando di confermare con una positiva esperienza la sua ipotesi, quell' eminente fisico distribuì, sulla superficie di un globo di legno, una serie di correnti elettriche, per guisa disposte, da produrre sopra un ago sottratto all' influenza, terrestre, e collocato in diverse successive posizioni, la stessa maniera di azione

che la terra medesima gli imprime nelle analoghe posizioni; e l'esperienza confermò le sue ingegnose induzioni.

Ma, ammessa vera questa spiegazione, quanti arcani non ci lascia ella ancora insoluti! — D'onde vengono quelle correnti? — Qual'è la causa che determina la loro direzione? — Da che dipendono le loro variazioni, così diverse, così complicate?

Si è nel Sole e nella fonte eterna di Calore, di Elettricità, di Luce, di Forza meccanica la quale risiede in quel corpo centrale, che probabilissimamente è (come ho già accennato in principio di questa Lezione) il movente iniziale e genetico di quest'ordine di fenomeni. L'astronomia e la fisica hanno già segnalato la concordanza che esiste tra i movimenti magnetici sulla superficie terrestre, e le posizioni diverse del sole rispetto ai luoghi di osservazione. Le correnti termo-elettriche svolte dall'astro centrale possono sole darci ragione dei fenomeni magnetici del nostro globo. Ma, bastandomi di accennare a questo campo immenso e sublime di ricerche, nel quale stanno oggidì lavorando i più eminenti intelletti, ai quali la scienza nostra deve i suoi più mirabili progressi, io farò ritorno al più modesto compito che ho assunto, della semplice descrizione dei fenomeni della vita planetaria, quali pur siano le cagioni che li producono.

Qualunque siasi quello fra gli elementi magnetici che prendiamo ad esaminare, direzione, declinazione, inclinazione, intensità magnetica, noi non tardiamo a riconoscere che tutti questi elementi vanno pressocchè continuamente soggetti a modificazioni, a perturbazioni, lente talvolta o graduali, rapide altre fiate e repentine. — Vi hanno poi certi periodi, nei quali queste modificazioni *accidentali* assumono proporzioni straordinarie, le bussole si agitano vivamente, come convulse da ignota cagione, percorrendo vari gradi attorno alla loro posizione di equilibrio.

Le osservazioni fatte nell'Osservatorio di Parigi dai Signori Desains e Marié-Davy hanno provato che fra le curve indicanti queste perturbazioni magnetiche e quelle delle variazioni accidentali del barometro, esistono le più intime relazioni, le più note-

voli concordanze. Questa coincidenza venne pure segnalata dallo illustre Padre Secchi. Il 28 novembre 1863, mentre una formidabile tempesta ciclonica traversava l'Atlantico, dirigendosi sull'Europa, gravi perturbazioni magnetiche erano osservate a Parigi. La tempesta scoppiò poscia sull'Europa dal 1.° al 4 dicembre, vale a dire quattro o cinque giorni dopo che l'ago la aveva annunziata. — Il 10 e l'11 marzo 1864 grandi perturbazioni magnetiche a Parigi, a Livorno ed in altre città: contemporaneamente, una violenta tempesta assaliva le coste nord-ovest dell'Europa. Potrei qui citare non pochi altri esempi consimili, i quali, confermando i principî da me esposti nelle lezioni consacrate allo studio delle leggi delle tempeste, ci mostrano l'ampio e finora poco esplorato orizzonte, che si va schiudendo alla scienza previsiva del tempo, mercè dei progressi delle teorie magnetiche.

Fra tutte le perturbazioni accidentali del magnetismo terrestre, una specie ve ne ha, la quale, per la imponente singolarità e per la somma bellezza dei fenomeni che ci presenta, richiama ora, in modo affatto peculiare, tutta la nostra attenzione. — Voglio parlare delle *Aurore boreali*.

VI.

Avviene talvolta che movimenti irregolari e tumultuosi si osservino nell'ago magnetico. La sua declinazione, ossia la deviazione occidentale, va sensibilmente e subitamente aumentando. Queste alterazioni si osservano per parecchie ore, e qualche fiata per più giorni di seguito. — Poi, un nuovo ordine di fenomeni comparisce. — A poco a poco, verso il Nord, l'atmosfera si abbruna sull'orizzonte, dal quale scorgesi come una specie di ampia cortina di brume, color violetto, alzarsi, abbastanza trasparente e leggiera, per lasciar di dietro travedere le stelle. La sua parte superiore si illumina, dapprima fiocamente, poi man mano più intensamente,

formando un arco giallo-pallido, la cui concavità è rivolta verso la terra ed il culmine è posto sul meridiano magnetico.

L'arco frattanto sale lentamente nel cielo, diventando sempre vieppiù luminoso. Qua e là vi si disegnano striscie nerastre, nell'atto che su tutta la sua lunghezza si manifesta una specie di viva effervescenza. Bentosto, nel mezzo di questa, si formano raggi di varia lunghezza, e di diverso splendore, i quali saettano nel cielo, come fuochi d'artificio. La vôlta infuocata, ad ora ad ora fiammeggiante, passa dal roseo porpora al verde smeraldico, lasciando sul complesso del fenomeno dominare splendidissima una tinta giallo dorata. Presento qui tre figure (*Fig.* 86, 87, 88), le quali ci porgono immagine delle più caratteristiche parvenze alle quali dà luogo l'aurora boreale.

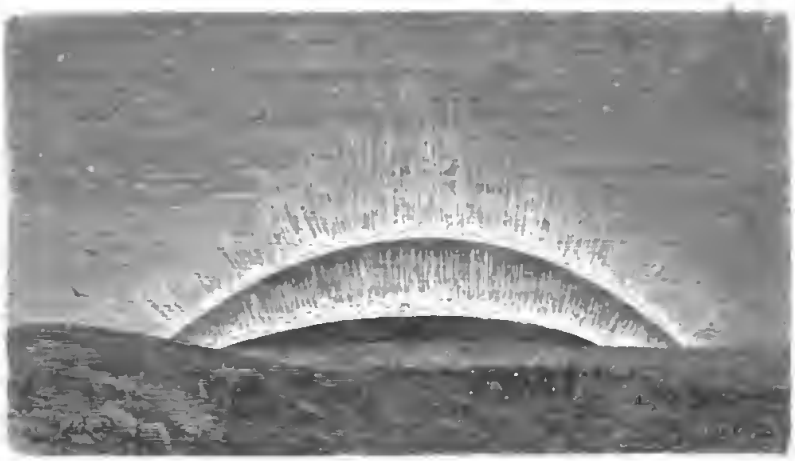


Fig. 86. — Aurora Boreale.

Nella loro ascensione, i raggi luminosi oltrepassano lo zenit e sembrano convergere verso uno stesso punto del cielo, che è detto lo *zenit magnetico*. Nel loro vario dardeggiare, i raggi sono talvolta siffattamente numerosi, che invadono tutta la celeste vôlta, formando una immensa cupola di fuoco, agitata come le

Fig. 87. — Aurora boreale.

Digitized by Google

ondo di un immenso maro. Non v'ha lingua umana, che possa ritrarre la sublimità del meraviglioso spettacolo.

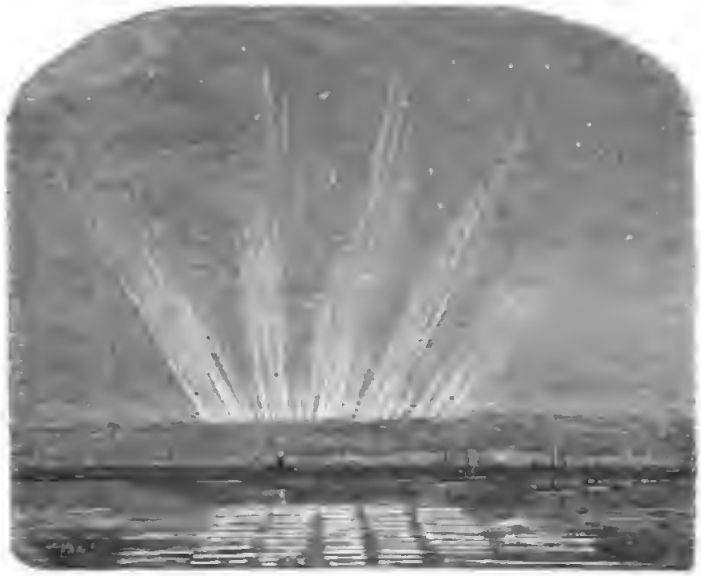


Fig. 88. — Aurora Boreale.

L'ago magnetico continua intanto le sue vive agitazioni. Ogni raggio che si stacca dall'arco fa, per così dire, palpitare la bussola.

Le aurore boreali erano conosciute dagli Antichi. Plinio ne fa parola nella sua *Storia Naturale*; e 208 anni avanti l'èra cristiana, ne parlarono (secondo l'erudito orientalista Edoardo Biot) gli Annali Cinesi.

Non vi ha regione del globo, in cui le aurore boreali si manifestino con tanta magnificenza, quanta ne spiegano nel circolo polare artico; ma, con un minor lusso di splendori, la natura ce ne offre talvolta nelle nostre latitudini. Ed io rammenterò fin ch'io viva quella che fu veduta nell'ottobre 1836, la quale fu, nella mia adolescenza, uno dei primi impulsi a quella adorazione della Natura, che venne poi cogli anni crescendo cotanto nell'animo mio.

Anche nell'emisfero sud, il fenomeno si appalesa talvolta, e piglia il nome di *Aurora Australe*.

Ritornando ora alla descrizione della meteora, noterò ancora che i piedi dell'arco aurorale, abbandonando l'orizzonte, grado grado vanno montando nel cielo. I raggi aderenti assumono allora un movimento alternativo, che li fa assomigliare ad una lunga immensa drapperia dorata, che ondeggi vagamente nell'atmosfera, che poi si ripieghi sopra sè stessa ed ondoli, come se il vento la andasse mollemente agitando. Il primo arco impallidisce e scompare, a misura che si innalza; ma, contemporaneamente, altri archi si presentano: se ne contarono talvolta persino nove, gli uni agli altri succedentisi con le medesime fasi.

Nella regione, verso la quale i raggi convergono, si disegna

Fig. 89. — Corona Boreale.

sovente una curva luminosa, elittica, che nomasi *Corona boreale* (*Fig.* 89). Essa non è probabilmente che un effetto di prospettiva.

I raggi, paralleli all'ago magnetico liberamente sospeso, sono disposti come le vôlte di una galleria cilindrica, che si vedano convergere verso il centro delle due aperture.

Quando la corona apparisce, l'aurora è giunta al suo completo sviluppo, e non tarda gran fatto ad entrare nel suo periodo di decremento. I raggi divengono via via più radi, più curti e men vivamente colorati. Intieri fasci di raggi, larghe bande, frammenti di arco splendono ad ora ad ora e si oscurano, ad intervalli successivi. Poi i raggi stessi diventano grado grado più diffusi, cambiandosi in deboli e fiochi bagliori, sparsi in tutto il cielo, simili a piccoli cumulus, e designati sotto il nome di *placche boreali*. La loro luce lattea subisce istantanei e vivi cambiamenti di intensità, simili a movimenti di dilatazione e contrazione, propagantisi dal centro verso la periferia, movimenti i quali ricordano quelli che il pescatore dei nostri lidi osserva nei molluschi marini chiamati *Meduse*. Bentosto non si ha più che una fievole luce crepuscolare, e poi tutto è finito.

Le perturbazioni magnetiche prodotte od attestate dalle aurore boreali, sono tanto più forti ed intense, quanto è più elevata la latitudine. È assai probabile che esse costituirebbero una seria difficoltà per lo stabilimento e l'esercizio di lunghe linee telegrafiche, nelle estreme regioni settentrionali.

VII.

Qual'è la causa efficiente delle aurore boreali? — Incerta è finora la risposta, che la scienza può dare a tale quesito. Il celebre Halley fu il primo ad asserire che quel fenomeno risulta da certe influenze magnetiche; ed Humboldt si associò a questa idea, dopo la brillante scoperta di Faraday, che, ottenendo la luce dall'azione delle sole forze magnetiche, diede a tale concetto un valore sperimentale. A fronte però di queste imponenti autorità, non era affatto abbandonata l'antica ipotesi dell'abate Hell, secondo il quale

le aurore boreali potrebbero non essere altro che una meteora puramente luminosa, vale a dire un effetto della luce solare, riflessa dai congelati vapori che riempiono l'atmosfera polare. Ripetute osservazioni di aurore boreali avevano, d'altronde, chiaramente mostrato che queste si formano nel sono di un'atmosfera più o meno carica di piccoli cristalli di ghiaccio, simili a quelli che costituiscono gli ordinari nostri *Cirrus*. La presenza di questi ghiacciuoli rende l'aria abbastanza conduttrice della elettricità, da permettere a quest'ultima di scorrere dalle alte regioni verso il suolo; ed egli è (dicevasi) probabilmente questo passaggio del fluido elettrico, che determina i fenomoni luminosi o gli splendori aurorali, non che l'agitazione delle bussole. A questa teoria aderivano, fino a questi ultimi tempi, quasi tutti i meteorologi, e tra gli altri il più recente ed uno dei più autorevoli, il Sig. Marié-Davy; il quale aggiunge, del resto, che, dal canto loro, le particelle ghiacciate sono l'effetto della estensione delle correnti aeree equatoriali fino alle regioni polari; ove quelle correnti, trasportando il vapore d'acqua necessario alla formazione dei ghiaccinoli, favoriscono anche il passaggio, dall'equatore (grande serbatoio elettrico), verso i poli, attraverso alle alte regioni atmosferiche, della elettricità necessarià alla produzione dei fenomeni aurorali.

Se non che, recentemente il dottore Meray, lodato autore del *Geos*, è sorto ad impugnare questa teoria. Egli fa osservare che il suolo e l'atmosfera cessano di essere conduttori della elettricità, quando la loro temperatura è scesa al di sotto di 20 gradi di freddo; e che ciò solo basta per non permettere di attribuire a correnti elettro-magnetiche i fenomeni delle aurore polari, in mezzo a climi ove la temperatura discende a 40 e 50 gradi sotto lo zero.

Tre elementi concorrono, giusta il Sig. Meray, alla produzione del fenomeno: un focolare luminoso, un apparato di riverberazione, una superficie che rifletta la luce riverberata. Si troverebbe il primo di cotesti elementi nel sole; il secondo, nei ghiacci lucidi e brillanti, che circondano l'asse polare sopra un raggio di 500

leghe; infine, i vapori che sormontano quest'asse a grande altezza, a forma di calotta sferica, farebbero l'ufficio della superficie bianca o riflettente, che dà l'impressione della riverberazione, come fa la tela bianca nelle lanterne magiche e nei microscopi solari, a fissare l'immagine degli oggetti illuminati.

Le aurore boreali (osserva il dotto autore) appariscono sempre nelle ore successive al tramonto o precedenti il sorgere del sole, che sono appunto quelle in cui l'astro volge tutti i suoi raggi nell'emisfero opposto al nostro, talchè, per la riflessione subita, vengono a penetrare nella nostra atmosfera. I picchi di ghiaccio, vari per dimensioni e per aggruppamento, offrono al sole il loro profilo e la loro superficie riverberante, che si disegna a tratti di ombre o di fiamme e che, riflessi dal mobile cortinaggio dei ghiacciati vapori dell'atmosfera polare, ci arrivano sotto forma di quei profili fuggitivi ed ondeggianti a guisa di una vasta drapperia, che noi abbiamo poco sopra descritti.

Senza niegare punto la influenza che gli accennati elementi esercitano sulla produzione e sullo sviluppo del meraviglioso fenomeno, noi non possiamo però ammettere che questi elementi siano *i soli* che lo determinano, e che l'aurora boreale debba circoscriversi unicamente nei limiti di una *meteora luminosa*. Le perturbazioni magnetiche, con le quali questa si annunzia nelle bussole di Osservatorii posti a grandissime distanze dai luoghi che sono teatro del fenomeno, bastano (ci sembra) a palesare manifestamente che le apparenze luminose, le quali bensì lo accompagnano, non ne costituiscono punto però la vera essenza, e che questa si collega intimamente, benchè forse finora misteriosamente, alle leggi ed alle vicissitudini del terrestre magnetismo.

Così tutti i fenomeni, o Signori, dei quali l'atmosfera è il teatro, fenomeni termici, barometrici, anemometrici, elettrici e magnetici, sono da intimi legami connessi, e concorrono insieme a determinare una delle più maravigliose e stupende meteore, di cui la Natura ci presenti il sublime spettacolo.

LEZIONE XXI.

Meteore Ottiche ed Acustiche

—

SOMMARIO.

La Luce. — Teoria dell'Emissione. — Teoria della Ondulazione. — L'Etere. — Luce solare. — Stato normale dell'atmosfera, sotto il rispetto ottico. — Proporzione tra i giorni sereni ed i giorni coperti. — Effetti della luce sulla Vegetazione e sulla Vita. — Meteore luminose. — Aurora. — Crepuscolo. — Scintillazione delle stelle. — Interferenze luminose. — L'arco baleno; sua teoria. — Circolo d'Ulloa. — Corone. — Aureole. — Aloni. — Parelii. — Paraseleni. — Antelii. — Spettro del Brocken. — Miraggio e vario sue specie. — Fata Morgana. — Il Suono. — La Musica in natura. — L'intensità del suono. — La velocità del suono, nell'atmosfera, nell'acqua. — Il suono di giorno e di notte. — Il suono adoperato a misurar la profondità d'un lago e le distanze terrestri. — Riflessione del suono. — L'Eco. — La grotta di Fingal ecc.

I.

Signori,

Ho divisato d'intrattenervi quest'oggi, o Signori, seguendo, del resto, l'ordine logico delle materie comprese nel mio insegnamento, intorno alle Meteore Luminose e poi alle Acustiche.

Nessuno certo si aspetta che io mi addentri qui, per semplice occasione ed a mo' di episodio, nella discussione delle più alte quistioni di Filosofia naturale intorno alla natura della luce, in generale considerata, ed a quelle relative alla luce solare in ispecie, e circa alle sue relazioni con gli altri agenti modificatori della ma-

teria. Le celebri controversie tra la teoria della *Emissione*, secondo la quale i fenomeni luminosi sarebbero determinati dalla traslazione di particelle materiali che, emesse dal corpo lucido, viaggiano in linea retta, ed, arrivate all'occhio, vi destano la sensazione del lume (teoria messa fuori in prima dall'italiano Grimaldi, e sostenuta poi dall'immortale Isacco Newton), e quella della *Ondulazione*, creata da Huygens, secondo la quale la propagazione della luce si fa per pulsazioni od oscillazioni di un fluido imponderabile, chiamato *Etere*, come il suono si propaga per le oscillazioni dell'aria, — queste controversie (dico) sono oggimai completamente finite, ed il sistema ondulatorio ha riportato il definitivo trionfo; trionfo tanto più splendido e tanto più completo, in quantochè la teoria delle ondulazioni, non più limitata soltanto a spiegare i fenomeni luminosi, si va, con lungo e sapiente lavoro di sintesi, applicando oggimai a tutti i fenomeni della Fisica, mercè di quel fecondo e sublime concetto delle *Ondulazioni dell'Etere*, le cui geometriche leggi dànno egualmente la formola della teoria della luce, e di quelle del calorico, dell'elettrico, e di tutte mai le forze che sollecitano la materia.

Lasciando alla Fisica generale ed alla Filosofia naturale la cura di svolgere queste nobili dottrine, la Fisica del globo sta contenta al più modesto còmpito di indicare i fenomeni meteorologici, dei quali la luce è l'unica o la precipua cagione.

La prima cura che questo ramo delle scienze naturali si proponga, si è quella di riconoscere ed accertare lo stato abituale dell'atmosfera, sotto il rapporto dei fenomeni ottici; o, in altri termini, di determinare, in ogni singolo luogo di osservazione, i numeri proporzionali che esprimono, durante tutto l'anno, o durante i periodi mensili e diurni, uno stato aereo liberamente traversato da raggi luminosi, ed uno stato atmosferico in cui questi raggi sono invece più o meno intercettati, modificati, riflessi e refratti dal vapore acqueo e dalle nubi.

Disgraziatamente, questo studio non è stato finora condotto nè con sufficiente accuratezza, nè in una porzione abbastanza estesa

della superficie terrestre, perchè sia lecito ancora di basarvi, con sicurezza d'induzione, una o più leggi determinate.

Vi ho già citato, o Signori, in altra occasione, le osservazioni fatte in Germania da Schübler, il quale pretese di trovare certe analogie tra il grado di serenità e di purezza dell'atmosfera e le fasi lunari.

L'illustre sig. Quetelet, a tale proposito, ha fatto una serie di preziose osservazioni nel Belgio. Egli trovò, per esempio, che, paragonando i vari mesi dell'anno, per indagare quante volte il cielo sia completamente coperto, questo fenomeno apparisce più frequente in gennaio che in giugno; — similmente, comparando i sei mesi durante i quali il sole è più alto dell'equatore, ai sei mesi nei quali è più basso, contansi da aprile a settembre, 166 giorni interamente coperti durante 20 anni, e 630 giorni nei sei mesi opposti. Il che darebbe circa il rapporto da 1 a 4. — Non esiste un sol mese di novembre, di dicembre o di gennaio, durante i 20 anni corsi dal 1833 al 1852, in cui non siasi contato almeno un giorno interamente coperto; mentre che in quei 20 anni, ve ne sono 12, nei quali non si è contato un sol giorno interamente coperto in giugno od in luglio. In generale, nel Belgio, non si hanno che 12 giorni nel corso intero dell'anno, totalmente sereni; e si hanno invece 48 giorni di cielo completamente coperto.

Simili osservazioni si stanno facendo presso di noi; ed io sono appunto occupato in un lavoro di questa natura; il quale, compiuto che sia, ci rivelerà, senza dubbio, una legge di proporzione analoga a quella indicata da Quetelet per Brusselle, in questo senso, cioè, che il numero dei giorni sereni prevarrà nell'estate anzichè nell'inverno; ma avremo certamente questa prevalenza in modo più spiccato ed energico di quello, che nel Belgio accada.

Non è d'uopo (ch'io creda) spendere molte parole a dimostrare l'immensa importanza di questo genere di ricerche. « La luce (dice nel suo bel *Voyage botanique le long des côtes de la Norvège*, il sig. Carlo Martins) esercita sui vegetali una azione non meno efficace, di quella del calore. Egli è indarno che voi

porrete una pianta nelle più favorevoli condizioni di temperatura; se le manchi la luce, ella esinanisce, e muore. — In inverno le piante del Nord sono, per così dire, prive di vita. Se il cielo fosse costantemente sereno in estate, io non dubito punto che quella luce continua non riuscirebbe a sollecitare la vegetazione; gli steli sarebbero più solidi, più verdi o più dure le foglie, più colorati i fiori ».

Priestley, Ingenhousz o Senebier hanno dimostrato che le piante esposte alla luce solare, in vasi chiusi, esalano una notevole quantità di ossigeno. Poste in vasi pieni d'acqua satura di acido carbonico, davano una stessa sostanza gasosa, che si decomponeva, il carbonio fissandosi sul vegetale e l'ossigeno restando libero. Le esperienze di De-Candolle, il quale racchiuse varie piante in una atmosfera mista di aria e di acido carbonico, provarono egualmente la proprietà onde gode la luce, di decomporre l'acido carbonico, fissando il carbonio nel vegetabile, e ponendo l'ossigeno in libertà; fatti, i quali, provano una volta di più (sia detto di passaggio) che l'attività e l'estensione della vegetazione risanano e purificano l'atmosfera; la qual cosa è troppo poco ricordata dalle nostre Amministrazioni municipali in Italia, le quali sembrano invece intente a distruggere il poco verde che noi lasciamo alla natura la libertà di produrre nelle nostre città, mentre nel Nord non si giudicano mai soverchie le cure nel moltiplicarlo e diffonderlo dovunque.

In una Memoria letta alla XXII riunione dell'*Associazione Britannica*, Roberto Hunt fece conoscere le numerose sue esperienze, dalle quali dedusse le seguenti conclusioni; 1.° la luce per sè medesima non favorisce, ma osteggia la germinazione delle grane, la quale è accelerata, invece, dall'*actinismo* (raggi chimici); 2.° la luce e l'actinismo sono essenziali alla formazione della materia colorante delle foglie; nella assenza dei raggi calorifici, si oppongono allo sviluppo degli organi riproduttori ed alla fioritura delle piante; nuova conferma della grande dottrina dell'unità delle forze fisiche. Quello scienziato medesimo dice che, nei nostri

climi temperati, i raggi chimici sono i più numerosi in primavera; durante l'estate, la prevalenza spetta ai raggi luminosi e calorifici; i calorifici predominano in autunno.

Non posso tacere, in questa occasione, una osservazione stata fatta da Orfila a riguardo del *Rhus toxicodendron*, pianta dell'America boreale, di cui son note le proprietà venefiche. In certe epoche dell'anno, questa pianta esala effluvii i quali, a cinque o sei metri di distanza, producono, senza contatto dell'albero, prudori, enfiagioni ed eruzioni cutanee. Il celebre tossicologo francese pretende aver trovato che il principio acro e volatile del *Rhus* non si svolge che all'ombra e nell'oscurità; e che, esposto alla luce, questo vegetale non esala che azoto ed acqua. Dobbiamo noi attribuire ad una proprietà analoga gli effetti perniciosi che, nelle nostre campagne, si attribuiscono all'ombra del noce, e quelli, più gravi assai (mortali ci si dice) che genera quella del Manzanillo, di cui l'arte drammatica ha saputo trarre, con la musa di Meyerbeer, un sì grande partito nell'*Africana?*

Son troppo noti i fenomeni del cosidetto *sonno delle piante*, perchè noi ci fermiamo a descriverli, ed a mostrarne il nesso coi fenomeni luminosi. « L'organizzazione, il sentimento, il movimento spontaneo, la vita, dice Lavoisier nel magico linguaggio di cui questa vittima della tirannica demagogia ha svelato il segreto nel suo *Traité élémentaire de chimie*, non esistono che alla superficie della terra e nei luoghi esposti alla luce. Si direbbe quasi che la favola della fiaccola di Prometeo fosse la espressione di una verità filosofica, la quale non era fuggita alla penetrazione degli Antichi. Senza luce, la Natura era senza vita: essa era muta, disanimata. Un Dio benefico, recando la luce, sparse, sulla superficie del globo, l'organizzazione, il sentimento ed il pensiero ».

Noi non ci lascieremo forse vincere dal sublime lirismo del padre della moderna Chimica; nè affermeremo tampoco coll'autore del *Cosmos*, che la luce sia condizione essenziale di qualsiasi vitalità organica sulla superficie del nostro pianeta, edotti come siamo da

Darwin e da altri naturalisti dell'esistenza del *Proteo*, dagli occhi rudimentali, nelle viscere delle caverne, e dall'ammiraglio Wrangell della scoperta fatta dal dott. Kiber di un larice robusto e vegeto nella oscurità di una caverna, in riva alla Lena, in Siberia. Ma l'influenza vivificante della luce sulla natura organizzata è innegabile; e se noi, adoratori del divino Calore, accordiamo a questo e non alla sua vaga sorella, il titolo di anima dell'universo, non disconosciamo punto per ciò la benefica azione ch'ella esercita sul creato. Ad eguale temperatura (dice Edwards nel suo bel libro intorno agli *Agenti fisici sulla vita*), i raggi producono, nel regno minerale, combinazioni, cui determinar non potrebbe una luce oscura. Le piante, senza l'influsso della luce, non formerebbero quasi di materia verde, sostanza così generalmente sparsa, che sembra una delle produzioni più essenziali di tal classe di esseri.

La luce, al suo primo apparire quotidiano, è, per la maggior parte degli uomini, il segnale degli affari, del lavoro, della produzione. Anche sui campi di battaglia, la notte porta una tregua alle carnificine ed alla cosidetta *gloria* delle umane passioni in tempesta. Se io fossi poeta, vorrei cantare questo trionfo della notte, con versi meno soneri ma più veritieri forse di quelli, coi quali Tirteo, Roger de l'Isle ed il compianto mio amico Mameli seppero eccitare i guerrieri alla battaglia.

II.

Più assai delle minute ricerche igrometriche, psicrometriche ed ottiche domandate da questo genere di indagini, ebbero in tutti i tempi il privilegio di destare vivissimamente l'interesse e la curiosità certe meteore luminose, contraddistinte sia da un particolare splendore, sia dalla loro relativa rarità.

Tra i fenomeni luminosi, ai quali l'immaginazione e la poesia hanno meritamente dato, presso tutti i popoli della terra, un più

alto grado d'interesse, sono, senza dubbio, l'*Aurora* ed il *Crepuscolo*. Nelle nostre contrade di media latitudine, il passaggio dalla notte al giorno e dal giorno alla notte, si opera per gradi. Benchè la lunga abitudine possa, in molti di noi, avere per avventura attutito il senso di ammirazione, che quelle tinte soavi di *oriental zaffiro* o di viva porpora destano in un'anima aperta ancora alle sublimi sensazioni prodotte dalle quotidiane meraviglie del creato, qualche volta però la natura scuote persino i più torpidi spiriti con quei magnifici effetti di luce, che ci fanno involontariamente sclamare che l'arte tenterebbe invano di riprodurne l'inenarrabile splendore.

È a tutti noto, per le più elementari nozioni di Ottica, come il crepuscolo e l'aurora derivino dalla riflessione dei raggi solari, operata nei superiori strati dell'atmosfera, e dalla loro dispersione nel cielo. La parte dell'orizzonte più prossima al sole colorasi di tinte gialle, aranciate e rosse, più o meno vivaci e più o meno diffuse, a seconda dello strato e della quantità dei vapori sospesi nell'atmosfera. Che divengono i raggi azzurri della luce solare? Si suppone che siano disseminati e spersi nell'aere.

Allorchè il primo albeggiare dell'aurora apparisce, il sole trovasi ancora a 18 gradi sotto l'orizzonte, e già diventa visibile mercè delle leggi della rifrazione. Ma quando l'astro è disceso a 18 gradi sotto l'orizzonte occidentale, gli ultimi bagliori del crepuscolo non si estinguono ancora. Questa più lunga durata del crepuscolo dipende (secondo alcuni fisici) dallo innalzamento dell'atmosfera verso sera.

I fenomeni crepuscolari sono pressocchè ignoti sotto i tropici: ivi repentinamente, nasce il giorno, ed al giorno succede, quasi senza interruzione, la tenebra. A Cumana, dice Humboldt, il crepuscolo dura appena pochi minuti, benchè l'atmosfera non sia di certo meno alta sotto i tropici che nelle elevate latitudini; la teoria indicherebbe anzi un'altezza maggiore. Per contro, la durata del crepuscolo aumenta a misura che ci innoltriamo verso i poli, ed il sole è già a 30 gradi sotto l'orizzonte, prima che gli

ultimi raggi del giorno siano scomparsi. Devesi attribuire il fenomeno alla maggiore obbliquità dei raggi solari? Oppure è desso dovuto alle particelle di neve ed ai ghiaccinoli che la luce attraversa ed in cui si rifrange?

Un altro fenomeno che vuol qui essere ricordato è la *Scintillazione delle stelle*, nome col quale si indicano quei vivi sprazzi di luce e quelle ondulazioni intermittenti, che si osservano nel chiarore degli astri più brillanti del cielo. Per gli Astronomi, questo fenomeno si manifesta non solo con cambiamenti di splendore sovente rinnovellati, ma eziandio con una variazione continua di colorazione e con una alterazione notevole nell'apparente diametro delle stelle.

Non è nostro istituto l'entrare nella minuta discussione della teoria di questa scintillazione, controversia nella quale si trovano discordi gli astronomi. Ciò che al Meteorologo importa notare, si è che la scintillazione di una stella non è egualmente percettibile in tutti i luoghi; essa cambia, in ragione di circostanze non bene determinate finora, ma le quali permettono di osservare ch'essa in parte almeno dipende dallo stato dell'atmosfera. Musschenbroek osserva che, in Olanda, la scintillazione è molto viva nei tempi asciutti e durante i forti geli; secondo Kaemtz, essa è, in generale, molto energica quando regnano violente agitazioni nell'atmosfera e quando il cielo è alternamente sereno e coperto. La Condamine aveva notato che, nella regione del Perù totalmente priva di pioggia, la scintillazione è minore, che nelle più umefatto pianure. Al dire di Garcia, questo fenomeno è pressocchè nullo sul golfo Persico durante la siccità; ed io stesso ho potuto fare la stessa osservazione sul Mar Rosso; mentre nel Bengala, clima umido, gli astri scintillano vivamente. Stando ad alcune osservazioni di Biot, la pioggia sarebbe annunciata vari giorni in precedenza dalla scintillazione: il tremolar delle stelle si fa allora molto maggiore del solito. Humboldt aveva, del pari, notato che la viva scintillazione delle stelle precede la stagione delle pioggie, nell'America meridionale; dall'altro lato però, questo grande viag-

giatore e scienziato osserva che, in aprile, sulle rive dell'Orenoco, con un'atmosfera molto umida, la luce degli astri era immobile e ciò anche a 4 o 5 gradi di altezza sull'orizzonte. Nel Venezuela, nonostante una grande siccità, egli vide le stelle scintillare fino a 80 gradi di altezza. Perlochè, giusta la sua opinione, il fenomeno si manifesta in seguito ad un raffreddamento, piuttostochè sotto l'influenza dell'umidità. Hooke considerava la scintillazione come più rapida allo zenit, che presso all'orizzonte; ma la quotidiana osservazione sembra mostrare, invece, il contrario e dar piuttosto ragione a Beauchamp, il quale scriveva a Lalande che, a Bagdad, le stelle più non scintillano dacch'elle sono pervenute a 45° al di sopra dell'orizzonte. Al dire di Ussher, le aurore boreali rendono le stelle eccezionalmente ondulanti nei telescopi; e De Saussure asserisce che, in Iscozia, le stelle non scintillano, tranne quando vi ha una aurora boreale visibile.

Riccioli e Long fanno dipendere la scintillazione dalla subita interposizione, fra l'astro e l'occhio, di polviscoli natanti nell'atmosfera. — Lalande l'attribuisce all'agitazione dell'aria e di molecole opache di materia; Haygens, alla mobilità dei vapori che avvolgono la terra; De Saussure, ad alterne dilatazioni e contrazioni dell'aria. Biot la crede un effetto di una specie di apparente *spostamento* delle stelle, cagionato da frequenti ineguaglianze nelle refrazioni, che i raggi subiscono, nel traversare l'atmosfera. Ma Arago fonda più razionalmente la teoria della scintillazione sul principio delle *Interferenze*, scoperto dall'immortale Young. Due raggi omogenei, partenti dallo stesso punto, si sommano, quando la differenza del cammino percorso è nulla; si distruggono, al contrario, ed invece di cagionare un aumento di luce, producono l'oscurità, quando si incontrano, dopo aver incorso spazi ineguali, o quando le onde si elidono a vicenda. Basta, per produrre questo effetto, che la differenza delle vie percorse sia di 310 milionesimi di millimetro pei raggi rossi, di 312 milionesimi di millimetro pei violetti ecc. Ora, la velocità della luce è diversa secondo i diversi ambienti traversati; o più esattamente, i diversi raggi,

essendo diversamente rifrangibili, non impiegano lo stesso tempo a traversare strati aerei di differente densità; basta una differenza estremamente minima, per determinare sia la distruzione della luce, sia semplicemente l'eliminazione di un solo colore; una densità dalla quale i raggi rossi sono annichilati, lascia intatti ancora i raggi azzurri; e così dicasi rispettivamente per gli altri colori dell'iride.

Dal principio delle interferenze risulta che i differenti raggi, essendo inegualmente refratti dagli strati successivi di aria che essi traversano, possono essere distrutti in totalità o soltanto in parte; e che, per la distruzione di certi raggi, la luce dà origine a tinte complementari. Questo principio perciò è il solo che valga a darci ragione del fenomeno della differente colorazione, che accompagna sempre la scintillazione degli astri. Basta (dice Arago) che gli strati atmosferici affettino convenientemente e per intermittenza, in ragione della ineguaglianza del loro potere rifrangente, un ventesimo dei raggi, che abbraccia la superficie di una lente, perchè il punto focale acquisti successivamente differenti gradazioni prismatiche.

Ora, se noi pensiamo alla grande lunghezza del tragitto che ha percorso la luce dai limiti superiori dell'atmosfera, fino alla lente; alla piccolissima differenza comparativa di potere rifrangente, che basta per far passare due raggi dal periodo di accordo a quello di distruzione; all'effetto dei venti, apportanti del continuo strati atmosferici nuovi in faccia alla lente, non ci meraviglieremo più se, osservando Sirio, stella assai bassa nelle nostre latitudini, notiamo persino trenta successivi cambiamenti di colore per secondo.

Ma è tempo di passare ad un altro fenomeno luminoso, il quale più di ogni altro ha avuto sempre il privilegio di cattivarsi l'attenzione così del volgo come dei dotti. — Vogliamo parlare dell'*Arcobaleno*.

L'antichissimo Ebreo, memore delle inondazioni diluviali e delle venerate tradizioni mosaiche, sentiva dissiparsi l'inquietudine dell'animo, alla vista di quel *segno di alleanza*. La ridente fantasia

dei Greci faceva ella pure dell'arco baleno il presagio di una fausta novella, perchè, agli occhi loro, la dea Iride, messaggera dell'Olimpo, lasciava allora ondeggiar sulle nubi la sua diafana sciarpa.

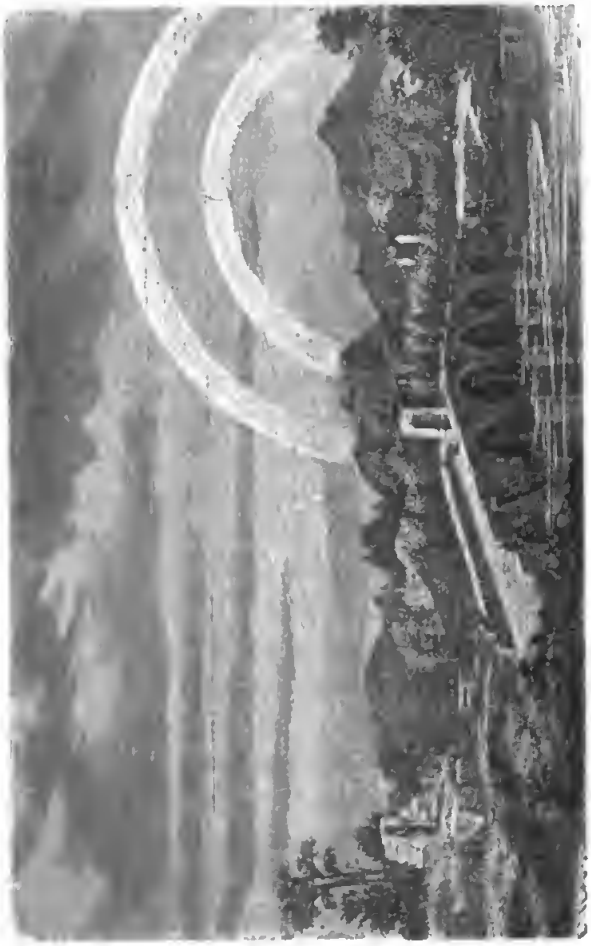


Fig. 91. — Arcobaleno.

Al pari di tante altre ingegnose e geniali finzioni, questi miti scomparvero al lume della austera scienza, e la bella Iride ha ceduto il luogo ad una delle più semplici ed, al tempo stesso, più

perfette dottrine della moderna Ottica. Egli è all'immortale Keplero, il cui genio fecondo stampò orme incancellabili in tanti diversi rami dell'umano sapere, che noi andiamo debitori della prima scoperta delle vere cause di questo splendido fenomeno, scoperta che il sommo astronomo consegnò in una breve lettera, datata del 1606. Isacco Newton, che in parecchie altre sublimi disquisizioni fu il vero complemento di Keplero, anche in questa dottrina portò il doppio tesoro del geometrico vigore del suo spirito, e delle sue sottili ed eleganti prove sperimentali.

L'arcobaleno non apparisce ai nostri occhi, se non in mezzo a certe determinate condizioni, le quali suppongono lo spettatore frapposto al sole ed alla pioggia, in una direzione acconcia a fargli vedere la decomposizione della luce nelle goccie d'acqua più o meno lontane, come attraverso ad altrettanti prismi (*Fig.* 90). Per veder l'iride, noi dobbiamo volgere il dorso al sole e guardare una regione traversata dalla pioggia proveniente da una nube, da una cascata o da un semplice getto di acqua. Quando il mare è sollevato da violenta bufera, mentre il sole illumina il bianco liquido pulviscolo formato dalla fuggente spuma dei marosi, non è raro lo scorgervi dipinte le curve eleganti di piccoli archibaleni. Ed io rammento di averne veduto uno, splendidissimo, al di sopra della cascata alpina del fiume Reuss, là dove questo rapido si slancia sotto l'ardita volta del Teufel-Brücke.

In generale, il fenomeno presenta due archi concentrici, tra i quali stendesi un assai largo intervallo, ed il cui centro corrisponde al punto del cielo, sul quale sarebbe proiettata l'ombra della testa dell'osservatore, se potesse giunger sin là. La curva interna, che è sempre la più vivace, offre la serie dei raggi prismatici, disposta per modo, che il violetto sia al di dentro, ed il rosso all'infuori. — Nella curva esteriore, i cui colori sono molto più deboli, l'ordine della serie è inverso. — Talvolta, ma più raramente, appariscono non due, ma tre archi, ed allora il terzo, di tinte estremamente pallide, presenta i colori disposti nel medesimo ordine come nel primo.

Digitized by Google

In quanto alla dimensione degli archi, essa dipende dall' altezza relativa del sole. Se l' astro è all' orizzonte, l' osservatore può scorgere archi abbraccianti intera una semicirconferenza. Il viaggiatore che trovasi sopra un' altra montagna, o l' areonauta che spazia nelle eccelse regioni atmosferiche, vedono formarsi circoli interi, quali appariscono anche nelle grandi cascate d' acqua, come al di sopra del Reichenbach, o del Niagara.

Anche la luce lunare produce archibaleni; ma il riflesso giallastro che è diffuso su tutti i colori di cotesti iridi selenitici, contrasta con la sì vivida tinta degli archi solari.

Fin dai più antichi tempi, i filosofi cercarono di dare spiegazione dei fenomeni, che presenta l' arco baleno. Un fatto, che non era alla loro attenzione sfuggito, si è che, siccome la meteora si mostra sempre dal lato opposto al sole, era evidente quindi che i raggi erano riflessi dalle goccie di acqua. Aristotele supponeva che cotesta riflessione si operasse sulla loro superficie convessa; ed attribuiva i colori alla mistura dei raggi riflessi con l' ombra della nube. Posidonio e poi Seneca dicevano prodotto l' arco dalla riflessione sopra una nuvola, formante uno specchio concavo. Maurolico misurando il diametro apparente dell' arco e riconosciutolo costante, ne spiegava la formazione mercè della riflessione dei raggi, in parte sulla esterna superficie delle goccie acquee, in parte sul loro interno, dove essi descrivono i lati di un ottagono. Vitellione fu il primo a riconoscere che, dal momento che vi è colorazione, il fenomeno deve contenere *rifrazione*, al tempo stesso che *riflessione*. Ma Keplero introdusse, come già accennammo, maggior precisione nella teoria, supponendo che il raggio si rifranga nell' atto di entrare nella goccia, vi si rifletta poi internamente, poscia di bel nuovo si rifranga nell' uscirne. Antonio De Dominis diede anch' egli, benchè molto confusamente, una spiegazione abbastanza completa dell' ammirabil meteora. Cartesio ne espose un più chiaro concetto, benchè non adeguato ancora, ignorando egli le leggi della *dispersione*, epperò non potendo dar ragione dell' ordine in cui si succedono, nell' arco, i colori. Era serbato a Newton, dopo avere scoperto

la legge della ineguale rifrangibilità dei raggi luminosi, il merito di compiere la teoria di Keplero, teoria che, come una delle più belle della Meteorologia, credo ora opportuno di riassumere.

III.

Rappresentiamo nella figura 91 una goccia di pioggia colpita da un raggio di sole SA. Questo raggio penetra nella goccia, fa un giro nell'interno, quale sarebbe il giro ABC, ed esce fuori in C diviso ne' suoi raggi elementari. Di questi raggi elementari il disegno mostra, per maggiore semplicità, solamente i due estremi, cioè il rosso ed il violetto, frammezzo ai quali sono gli altri cinque.

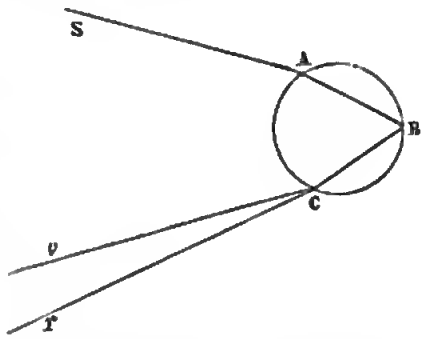


Fig. 91. — Formazione dell'Arco primario dell'Iride.

L'inflessione che si scorge in A è la *rifrazione* che il raggio subisce quando passa dall'aria nell'acqua; la seconda svolta in B è la *riflessione* del raggio, quando giunge al limite estremo della goccia, ossia là dove l'acqua finisce e l'aria incomincia; finalmente la terza piegatura in C è la rifrazione della luce, allorchè esce dalla goccia per rientrare nell'aria.

Non debbo omettere che in A, oltre all'accennato fenomeno di rifrazione, deve accaderne eziandio uno di riflessione, per cui una parte del raggio rimbalzerà dalla goccia nella direzione A x (*Fig.* 92); del pari in B, oltre la riflessione, si avrà anche una rifrazione, per cui una parte del raggio uscirà secondo B y; ed infine in C, oltre la rifrazione, si avrà una riflessione, e parte del raggio rimbalzerà verso l'interno della goccia a seconda di Cz. Per la qual cosa, da C non uscirà già tutto SA, ma bensì soltanto ciò che avanza di AS, dopo le sottrazioni A x, B y e C z. Ciò avvertito, però, noi

possiamo tralasciare queste parti del raggio, le quali non giungono all'occhio dello spettatore, e la cui considerazione non è necessaria alla intelligenza del fenomeno.

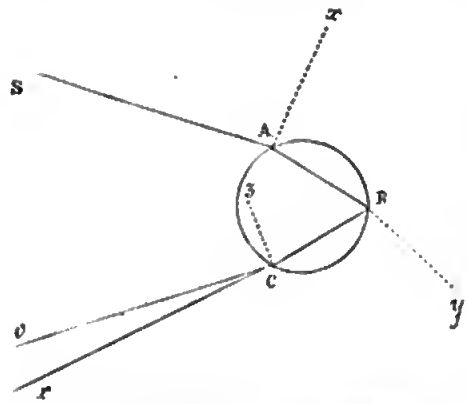


Fig. 92. — Segue formazione dell'Arco primario dell'Iride.

La luce violetta essendo più refrangibile della rossa, ne siegue che, quando il raggio esce dalla goccia in C, la prima parte di esso deve sviarsi dalla direzione BC assai più che non faccia la seconda, il che trovasi indicato nella nostra figura 92. dalla retta *v* superiore alla linea *r*. Gli altri raggi elementari, frapposti a questi due estremi, vi si trovano in quest'ordine: l'arancio subito sopra al rosso, indi il giallo, poscia il verde, poi l'azzurro, infine l'indaco subito sotto al violetto, tale essendo appunto l'ordine prismatico, se dai raggi *meno* procediamo ai raggi *più* rifrangibili.

Se ora noi figuriamo così collocato lo spettatore, che l'occhio suo riceva il raggio *r*, egli non percepirà nè il raggio *v*, nè alcuno altro dei raggi elementari provenienti da C, i quali tutti passeranno al di sopra del capo di lui. La sensazione che la luce produrrà sulla sua pupilla, sarà adunque quella soltanto della luce rossa, che lo spettatore scorgerà nella direzione *r* C.

Ma la goccia non è unica; essa è preceduta e seguita da una infinità di altre, che formano come una falda liquida dinanzi allo spettatore. Fra le innumerevoli gocce che sono al di sotto di quella considerata, taluna ve ne avrà *tanto al di sotto*, da permettere che la sua luce violetta giunga all'occhio, destandovi appunto la sensazione del violetto, e lasciando andar perduti per lo spettatore tutti gli altri raggi elementari. Per comprendere ciò, basta con-

siderare che il solo motivo per cui *v* non arrivava, partendo dalla prima goccia, alla pupilla dell' osservatore, si era che *v*, da quella uscendo, si era piegato *troppo in alto* per giungere all' occhio; quindi è che basta che, al di sotto della prima goccia, un' altra ve ne sia più bassa di quella, perchè la piegatura di *v* che era *soverchia* nel primo caso, si trovi *precisamente* in direzione dell' occhio nel secondo, dandogli la sensazione della luce violetta. Ma, per compenso, la rifrazione della luce rossa, che nella goccia superiore era la rifrazione *necessaria e sufficiente* per mandar questa luce alla pupilla, si troverà invece *insufficiente* per operare l' effetto stesso nella luce rossa della goccia inferiore. Ciò tutto apparisce chiaramente dalla figura 93, dove si scorge che l' occhio O, nell' atto che dalla goccia G riceve soltanto la luce rossa *r*, perchè gli altri raggi elementari passano troppo in alto, da G' riceve unicamente la luce violetta *v'*, perchè gli altri raggi passano troppo in basso.

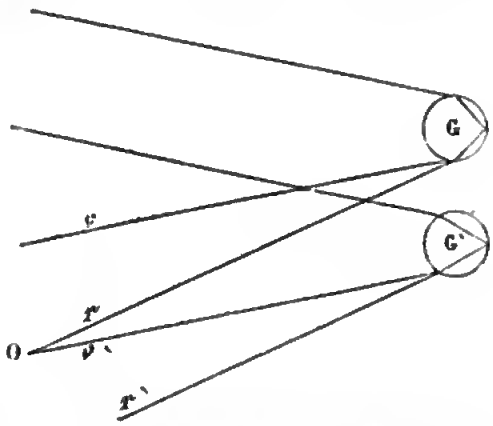


Fig. 93. — Segue formazione dell' Arco primario dell' Iride.

Egli è chiaro poi che, di mezzo a queste due gocce, altre ve ne sono, le quali mandano al riguardante luce arancia, altre la gialla, e così via discorrendo; talchè, considerando una fila verticale di gocce, quella che manderà all' occhio il colore arancio sarà sotto a quella che gli invia il rosso, ma al di sopra di quella che gli manda il giallo, e così di seguito. Da ciò si comprende la ragione dell' ordine, in cui sono disposti i colori dell' arco baleno.

Nè si dica che tutta questa spiegazione riposa sulla ipotesi di una falda di gocce immobili, mentre invece le gocce rapidissimamente passano e si succedono le une alle altre. Imperocchè, appunto per-

ch'esse si succedono con tanta prontezza, possono considerarsi come formanti una falda continua, sirchè continua è, per conseguenza, anche l'apparenza dell'arcobaleno, in virtù del principio della *persistenza delle immagini*. Infatti, mercè di questo principio avviene che, quando un oggetto passa e ripassa per un medesimo luogo a brevissimi intervalli di tempo, noi vediamo sempre in quel luogo l'oggetto, come provano le notissime esperienze fisiche del tizzone, della ruota girante, della trottola di Newton ecc. Nell'iride, per esempio, la goccia G' vibra all'osservatore il violetto, e poi subito discende, diventando invisibile; ma siccome immediatamente sottentra al suo luogo la goccia G, la quale vibra a sua volta essa pure il violetto, nel mentre che al posto della goccia G un'altra ne è arrivata, la quale vibra il rosso, indi accade che l'occhio, nella cui retina le immagini persistono sempre un tantino al di là del tempo impiegato dagli oggetti nel loro passaggio, conserva le mentovate sensazioni e le localizza al posto delle indicate gocce. Arroge che, quantunque, per semplicità di discorso, io abbia considerata soltanto *una sola fila verticale di gocce*, nella realtà partecipano al fenomeno gocce situate in file diverse, le une più, le altre meno lontane dall'osservatore. Indi è che *(V. Fig. 94)* ove manchi nella prima fila la goccia G, la quale era, pur dianzi, quella che mandava all'occhio il violetto, a ciò supplirà benissimo la goccia G'' o G''' che per avventura si troveranno nella medesima direzione, in cui era collocata la goccia G', benchè in falde diverse.

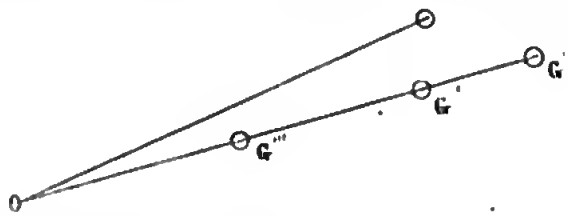


Fig. 94.

Ma tutte le spiegazioni date sin qui ci dirono come si formi l'arco *primario* dell'iride. Il *secondario* che questo presenta, è

prodotto da gocce nelle quali i raggi del sole percorrono una strada un tantino più complicata.

Mentre nell' arco primario od *interno*, i raggi non subiscono nelle gocce che una sola riflessione ed una sola rifrazione, nell' arco *esterno* o secondario soffrono due riflessioni o due rifrazioni, motivo per cui quest' arco è sempre più debole o di più fioco splendore del primo. I raggi entrano nella goccia por qualche punto della di lei metà inferiore *(V. Fig. 95)*, vi si rifrangono, poi vi si riflettono due consecutive volte, e infine con una nuova rifrazione escono fuori. Non ripeterò qui l' osservazione fatta pur dianzi, che non parliamo qui che dei raggi *efficaci*, e non di quelli che non fanno giungere all'occhio spettatore parte alcuna della luce incidente.

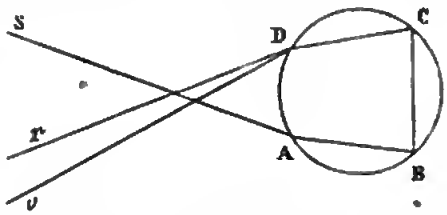


Fig. 95. — Formazione dell'Arco secondario dell'Iride.

Nell' uscire, dopo l' indicato giro, dalla goccia, i raggi elementari debbono avere una posizione inversa di quella assunta dai raggi appartenenti al primo arco: il violetto deve trovarsi sotto al rosso, e gli altri raggi tramezzo nell' ordine prismatico, talchè i colori dell' arco secondario debbono essere disposti in ordine reciproco a quello dei colori dell' arco primario.

Quando l'iride è molto brillante, vedonsi sovente, dentro all'arco interno e fuori dell' arco esterno, alcune bande o zone colorate designate sotto il nome di *Archi supplementari;* immediatamente dopo il violetto, distinguesi il rosso, poi il verde e di nuovo il violetto. Qualche volta questi colori si ripetono più fiate, nello stess' ordine, lungo l' orlo interno dell' arco principale. Young, Arago e Babinet attribuiscono gli archi supplementari ad effetti di diffrazione.

Tale è, nella sua parte puramente fisica, la spiegazione dell' iride: l' indole di questo Corso non consente di entrare nelle

considerazioni di alta analisi, col soccorso delle quali soltanto è dato di esporne in tutte le sue parti la teoria ottica.

Dagli schiarimenti che precedono chiaro apparisce che l'arcobaleno è un fenomeno affatto locale e (direi) *subbiettivo*. Ciascuno, fra vari simultanei spettatori, vede un suo proprio arco, diverso da quello degli altri. Se la nube piovosa è vicina, due osservatori, collocati a qualche distanza l'uno dall'altro, veggono le estremità dei loro archi posare su punti differenti del suolo; il che apparisce tanto più manifesto, quanto più montuoso ed accidentato è il paesaggio.

IV.

Furono talvolta osservati archi baleni, a colori estremamente pallidi e sbiaditi, formati in mezzo, non a nubi piovose, ma a dense nebbie, sia al di sopra di umide praterie, sia di paludi o nelle anguste e profonde gole delle montagne. L'apparenza speciale di cotesti iridi deriva dalla eccezionale piccolezza delle gocce d'acqua. Il grande anello biancastro veduto da Ulloa e Bouguer nel loro soggiorno sul Pichincha, sembra appartenere a questa categoria di fenomeni. Ecco la descrizione che il primo di questi osservatori ci ha lasciato di quella meteora, cui fu appunto dato il nome di *Circolo di Ulloa*, o di *Iride bianco* (*Fig.* 96). « Io mi trovava, dice egli, al sorger del sole sul Pambamarca con sei compagni di viaggio: la vetta del monte era interamente coperta di dense nubi; il sole, alzandosi, dissipò quelle nuvole; non restavano al loro posto che tenui vapori, appena discernibili.

Ad un tratto, dal lato opposto a quello dove il sole sorgeva, ogni viaggiatore potè scorgere, ad una dozzina di tese dal luogo che occupava, la propria immagine riflessa nell'aria, come in uno specchio; l'immagine era al centro di tre archibaleni di variopinti colori, e circondati, ad una certa distanza, da un quarto arco di un solo colore. Il più esterno fra i colori di ogni arco era

incarnato o rosso, seguiva quindi l'arancio, poi il giallo, appresso una tinta paglierina, e infine il verde. Tutti quegli archi erano perpendicolari all'orizzonte; si movevano e seguivano in tutte le direzioni la persona, di cui avviluppavano, come in un'aureola, la

Fig. 96 — Circolo di Ulloa.

immagine. Ciò che vi era di più notevole, si è che, quantunque i sette viaggiatori fossero riuniti in un sol gruppo, ciascuno di essi non vedeva il fenomeno che relativamente a sè solo, ed era

Digitized by Google

disposto a negare che fosse il fenomeno stesso ripetuto per gli altri. L'amplitudine degli archi aumentò progressivamente, seguendo l'altezza del sole; nel tempo medesimo, i loro colori svanirono, gli spettri diventarono man mano più sbiaditi e pallidi, e finalmente il fenomeno si dissipò interamente. Sul principiare del fenomeno, la figura degli archi era ovale; verso la fine, perfettamente circolare ».

Fra le meteore luminose, giova pure enumerare le cosidette *Corone*, od *Aureole*, circoli colorati che appariscono intorno al sole od alla luna, allorquando davanti a questi astri passano leggieri vapori. Talvolta il circolo è un solo; tal'altra vi hanno parecchi circoli. In tutti si distinguono i colori prismatici, il violetto al di dentro ed il rosso al di fuori. Essi stanno ad eguale distanza gli uni dagli altri; ma questa distanza medesima è varia, a seconda dello stato delle nubi e dell'atmosfera più o meno carica di vapori. Il diametro angolare del primo circolo è d'ordinario compreso fra 1 e 4 gradi. « Tutte le nubi (dice Kaemtz) che non sono troppo fitte perchè la luce del sole possa traversarle, ad eccezione dei *Cirrus* e dei *Cirro-Stratus*, offrono traccie di corone, ma non sempre identica è la vivacità dei colori. Io non li ho veduti mai così belli come sulle nebbie che, durante la notte, formansi nelle valli e si innalzano alla vetta delle montagne. Quando fiocchi di nubi passavano tra il sole e me, i colori avevano una vivacità, che io ho raramente in essi veduta: non sono punto men belli i colori nei *Cirro-Cumulus*, sopratutto quando sono costituiti in piccole masse di bianco splendente, i cui orli sono talmente confusi, che si dura fatica a discernerne i contorni nel cielo ». — Questo fenomeno spiegasi mercè della diffrazione dei raggi luminosi, passanti in prossimità delle sferole d'acqua, onde le nubi sono composte. È facile una esperienza che ne porga l'immagine: basta esporre, davanti ad una lampada accesa, una lamella di vetro spolverato di licopodio. I piccoli granellini di questa sostanza, operando come le sferole vaporose, la fiamma si trova tosto circondata di variopinti anelli, separati da eguali intervalli.

V.

Fin qui abbiamo passato in rassegna le meteore luminose determinate dalle varie modificazioni che subisce la luce, passando attraverso alle gocce d'acqua. Ma essa non è punto meno modificata nel suo passaggio attraverso a piccoli cristalli di ghiaccio. Abbiamo già veduto, nella precedente lezione, che questa specie di modificazioni esercita una notevolissima influenza sui fenomeni delle Aurore boreali.

Ma ben altre ancora sono le meteore, che a questa medesima cagione si riannettono. Gli areonauti hanno potuto ripetute volte accertarsi che, nelle alte regioni atmosferiche, i ghiacciuoli sono spesso abbastanza numerosi, per formare vere nubi ed ammassi di grandi vastità. I Cirrus ne sono composti; ed in più basse regioni, le particelle aghiformi ghiacciate avvolgono sovente gli oggetti posti ad immediato contatto col suolo.

Or bene, quel raggio luminoso che, traversando le sferole liquide, è capace di darci i magnifici fenomeni che abbiamo sopra descritto, ce ne fornisce di più belli ancora, quando traversa quei limpidi e diafani cristalli.

Nei nostri temperati climi, le meteore di quest'ordine più frequenti sono gli *Aloni*, circoli colorati che circondano il sole o la luna, ma che differiscono dalle corone poc'anzi mentovate. I colori vi sono ordinariamente disposti nell'ordine inverso al prismatico, col rosso indentro. Le distanze dai circoli all'astro vi sono costanti e molto più grandi che nelle corone. L'aureola interna ha quindi 22 o 23 gradi di diametro; il secondo alone abitualmente chiamato esterno, 46 gradi; ed il terzo, 99 gradi. Brewster è riuscito ad imitare il fenomeno, ponendo, dinanzi ad una lampada, un vetro coperto di allume cristallizzato. La meteora è determinata dalla presenza di un grandissimo numero di piccoli aghi prismatici, sospesi nell'atmosfera: quando una grande quan-

tità di questi prismetti trovasi rivolta in una direzione unica o comune, dà ai raggi rifratti una deviazione atta a produrre i raggi colorati.

Allorchè il sole o la luna trovansi presso all'orizzonte ed, in un'aria calma, gli aghi di ghiaccio si collocano verticalmente, si formano varie aureole sul diametro orizzontale, ed alquanto allo infuori di ogni circolo, brillanti macchie, immagini diffuse dell'astro le quali, trattandosi del solo, prendono il nome di *Parelii*, e, della luna, quello di *Paraseleni*. Bella oltremodo è la colorazione dei parelii, specialmente di quelli dell'aureola interna, ove il rosso comincia la serie dalla parte del sole.

Talvolta vengono ad appoggiarsi sull'alone *Archi tangenti*, splendidamente colorati, i quali generalmente si formano simmetricamente alle estremità del diametro verticale dell'alone di 23 gradi. Più rari ma più numerosi sono quelli dell'alone esterno, i quali lo toccano non solamente nella verticale del sole, ma ancora ai punti laterali distanti 45 gradi. Il più alto di questi archi, che ha per polo lo zenit dell'osservatore, chiamasi *Circolo circumzenitale*.

Per le ragioni già accennate rispetto all'Iride, non possiamo entrare qui nella minuta analisi della teoria di questi fenomeni prodotti dalla refrazione della luce nei cristalli. Gli studiosi che bramassero addentrarvisi, possono consultare le dotte ricerche del Sig. Bravais il quale, non contento di avere interpretato analiticamente col calcolo tutti gli elementi del fenomeno, è riuscito eziandio a farne l'artificiale riproduzione in una Camera oscura, mercè di un prisma di ghiaccio, ch'egli faceva rapidissimamente girare sul proprio asse, nell'atto che sopra vi proiettava i raggi solari.

VI.

Tutte le meteore luminose fin qui descritte sono più o meno colorate; altre però se ne osservano interamente bianche, siccome

Digitized by Google

quelle che risultano non già dal passaggio e dalla riflessione della luce in prismi acquei o cristallini, ma bensì soltanto dalla sua riflessione sulle faccette stesse dei cristalli. Variabile è il loro splendore, a cominciare dai più pallidi bagliori, e andando sino a

Fig. 97. — Aloni e Circoli Parelici.

splendori rivali di quelli dell'astro centrale. Il fenomeno comincia con un immenso circolo detto *Circolo parelico*, che traversa il sole, o *paraselenico* (la luna), incrociando le due aureole e facendo il

giro intero dell'orizzonte, ad una costante altezza. Su questo circolo e dal lato opposto dell'astro, l'immagine di questo si riproduce, sola o accompagnata da due altre, simmetricamente collocate accanto ad essa. Queste immagini si chiamano *Antelii*, e si incrociano con due archi bianchi, prolungati a grandi distanze. Vedonsi inoltre talvolta formarsi, al di sopra e al di sotto dell'astro, bianche *colonne verticali*, stendentisi fino a 25 gradi dall'astro, e formanti, con una parte del circolo parelico, una croce a braccia più o meno ineguali, ma con geometrica esattezza disposte *(Fig. 97)*.

Babinet ha ottenuto una riproduzione artificiale del circolo parelico, guardando il sole attraverso un cristallo di struttura fibrosa, tagliato in lamina parallelamente alle fibre, e collocato in posizione verticale. La bianca striscia orizzontale che allora si scorge, risulta dal tremulo luccicare delle fibre.

Le leggende tradizionali dei popoli montanari, i quali sono dotati generalmente di così viva immaginazione, sono piene di racconti maravigliosi e di fantastiche descrizioni, aventi gli uni e le altre il loro comune punto di partenza nei fenomeni ottici, che stiamo appunto descrivendo. Il genio di Macpherson o, se vuolsi, di Ossian attinse a piene mani in questo gran fondo di popolare poesia; ma non è necessario penetrare fino in riva ai remoti e tetri *Lochs* della Scozia, per raccogliere, dalla bocca dei rozzi trovatori, narrazioni di spiriti misteriosi, di arcani enti benefici o più sovente nefasti, che, a cavalcioni delle nubi, si precipitano nelle gole profonde delle montagne.

Egli è del pari coll'intervento delle soprannaturali potenze, che venne per lungo tempo spiegato lo stupendo fenomeno conosciuto sotto il nome di *Spettro del Brocken (Fig. 98)*.

Ecco la descrizione che di questo mirabile fenomeno ci fornisce il Sig. Hane. « Dopo essere salito (dice egli) più di trenta volte sulla vetta di quella montagna, ebbi la fortuna di contemplare l'oggetto della mia curiosità. Il sole sorgeva circa a 4 ore del mattino, con tempo sereno; il vento cacciava davanti a sè, verso l'Achtermannshohe, masse di trasparenti vapori, che ancora non

avevano avuto il tempo di condensarsi in nubi. Verso 4 ore $^1/_4$, io vidi, nella direzione dell'Achtermannshohe, una figura umana di mostruose dimensioni. Un colpo di vento avendomi rapito il cappello, portai ratta a questo la mano, e la figura fece subito il

Fig. 98. — Spettro del Brocken.

gesto medesimo. Feci immediatamente un altro movimento, inclinandomi, e questa azione venne dallo spettro riprodotta. Un'altra persona venne allora a raggiungermi, ed entrambi essendoci posti sul luogo stesso, d'onde l'apparizione era stata prima veduta, diri-

Digitized by Google

gemmo i nostri sguardi verso l'Achtermannshohe; ma indarno, più nulla fu visto. Ma poco stante, due colossali figure comparvero nella medesima direzione, e riprodussero i gesti dei due spettatori, quindi scomparvero. Si mostrarono di bel nuovo, poco dopo, accompagnate da una terza. Talvolta le ombre erano fievoli e mal definite; tal'altra offrivano grande intensità e ben ricisi contorni. Egli è facile comprendere che il fenomeno era prodotto dall'ombra degli osservatori proiettata sopra una nube. La terza immagine era, senza alcun dubbio, dovuta ad una terza persona, posta dietro a qualche rupe sporgente, e da noi non veduta ».

Durante il suo viaggio con La Condamine alle Cordigliere, Bouguer fu testimone di un analogo fenomeno, sulla vetta del Pambamarca. « Ciò che più ne fe' meraviglia (dice egli), si è che la testa dell'ombra era ornata con un'aureola formata di tre o quattro piccole corone concentriche di vivisimo colore, ciascuna con le stesse varietà del primo arco dell'iride, col rosso in fuori. Era come una specie di apoteosi per ciascuno spettatore; e non devo tralasciare di avvertire che ognuno potè fruire tranquillamente il piacere di tutte le sue corone, senza nulla vedere di quelle de' suoi vicini ».

Il Prof. Kaemtz osservò il fatto medesimo sulle Alpi; Scoresby, nelle regioni polari; e Ramond, nei Pirenei. Quando il sole è all'orizzonte, possiamo scorgere sovente, ponendoci accanto ad una linea di ferrovia, le ombre dei pali telegrafici apparire sulla bianca nube di vapore che, uscendo dalla locomotiva, ondeggia al di sopra del treno. E gli areonauti ci narrano che non di rado poterono essi vedere l'immagine aggrandita del loro pallone proiettarsi sulle nuvole delle eccelse regioni, da essoloro traversate. È sempre il principio medesimo che spiega lo spettro del Brocken, quello che ci dà ragione di tutti questi fenomeni.

Infinita sorgente di poesia è, invero, lo spettacolo delle leggi della Natura; e sono da reputarsi infelici e poveri spiriti e di sincero compianto meritevoli quelli che hanno bisogno di cercar nello strano e nell'impossibile le fonti di un'alta ispirazione!

VII.

Tra i fenomeni ottici che la Fisica del Globo considera, uno dei meglio conosciuti e dei più meravigliosi è quello designato con la generica appellazione di *Miraggio*. Esso avviene particolarmente nei luoghi, ove il terreno è di tale qualità, da scaldarsi facilmente sotto l'azione prolungata del sole; ivi, a contatto del caldo suolo, l'aria degli strati inferiori dell'atmosfera si scalda anch'essa e si dilata, sollevando così gli strati aerei soprastanti. È chiaro che allora l'aria si trova in uno stato precisamente opposto alla sua condizione normale: abitualmente, infatti, l'aria inferiore è più densa della superiore; in questo caso, invece, accade il contrario, le falde più basse sono più rare delle più alte. Da ciò deriva che ogni raggio di luce, il quale obliquamente discenda in questa inferiore zona dell'atmosfera, subisce progressivamente una rifrazione, scostandosi dalla verticale, perchè ad ogni istante l'aria in cui entra è più diradata di quella dalla quale esce. La direzione di ogni raggio si va quindi facendo gradatamente più obliqua; e prima ch'esso abbia toccato terra, la sua obliquità è già divenuta tale e tanta, che il raggio, invece di continuare a penetrare nell'aria inferiore, si riflette, cioè rimbalza all'insù, come se avesse incontrato un'acqua stagnante od uno specchio. Or bene se vari raggi così riflessi, arrivano alla pupilla, questa vedrà l'immagine del punto luminoso nella direzione dei raggi medesimi, che la percuotono. Al tempo stesso però che la pupilla riceve l'impressione di questa luce riflessa, riceve eziandio dal medesimo punto quella della luce diretta, arrecatale da raggi venuti per linee orizzontali o poco inclinati, raggi che le fanno vedere il punto luminoso al suo vero posto, in quell'istante medesimo in cui gli altri raggi lo fanno apparire in diversa direzione. E così l'osservatore scorge, al tempo stesso, due punti: l'uno, nel vero suo posto; l'altro, immagine di esso prodotta dalla *riflessione totale*. E siccome lo

stesso accade per ogni altro punto dell'oggetto a cui il punto or ora considerato appartiene, così accade che tutto intero l'oggetto apparisca *doppio*, cioè che si veda l'oggetto ed una sua immagine. I Fisici dimostrano inoltre che l'immagine deve vedersi capovolta, in prossimità e al di sotto dell'oggetto: dal che deriva che l'occhio ha l'impressione, come se l'oggetto si specchiasse nell'acqua tranquilla di un lago.

È questo il Miraggio che si osserva nei deserti, ove si verificano le succennate condizioni, cioè un suolo sabbioso, fortemente riscaldato da un sole quasi verticale. Conviene però distinguere dal miraggio propriamente detto e che un metafisico chiamerebbe fenomeno *obbiettivo*, dalle illusioni ottiche, affatto personali, o *subbiettive*, degli osservatori, la cui immaginazione è d'ordinario sovraeccitata dalla stanchezza, dalle privazioni, dalla febbre eziandio e da quel misterioso ma prepotente *senso del meraviglioso*, a cui predispongono sempre i grandi spettacoli della Natura. Gli uni credono vedersi spiegare dinnanzi agli occhi verdeggianti isole, superbe città, giardini più incantevoli di quelli di Armida; altri scorgono lontan lontano il mare immenso e navi veleggianti, o fiumi placidamente scorrenti, con lunghe file di cammeli sulle rive. La forma più frequente della illusione, e quella che sperimentai io stesso stupenda tra la collina sabbiosa del Serapeum ed il bacino dei Laghi Amari, fa scorgere l'azzurro cielo riflesso nella falda aerea che tocca il suolo, e che perciò rassomiglia all'acqua cerulea e tremolante. Egli è allora che, ignaro dell'inganno, il viaggiatore, cui prostra la fatica e la sete divora, precipita il passo e accorre al limpido lago, che fugge intanto e si allontana inesorabilmente.

Oltre al miraggio pur dianzi descritto, ve ne ha un'altra specie, in cui l'immagine è pur capovolta, ma *di sopra* all'oggetto; e ciò accade in circostanze opposte a quelle del primo, quando cioè, per una ragione qualsiasi, l'aere inferiore si trovi *molto più* denso dell'aria sovraincumbente. Questo fenomeno si verifica nelle vaste superficie di ghiaccio comprese nei circoli polari, od anche sul mare tranquillo delle alte latitudini. La falda aerea a contatto del

mare o del ghiaccio è molto più fredda degli strati superiori dell'atmosfera, epperò più densa, sicchè la densità invece di diminuire dal basso in alto gradatamente (come al solito) sbalza *di salto* tra uno strato e gli altri. Nasce da ciò che i raggi partiti da

Fig. 99. — Un miraggio in mare.

qualche punto basso ed obliquamente diretti verso l'alto, si rifrangono molto più fortemente di quello che accada d'ordinario; e prima di essersi molto allontanati dalla loro origine, si trovano divenuti già sì obliqui, che subiscono una riflessione totale, ridi-

scendendo allora verso il basso. L'osservatore, collocato in guisa, da ricevere simultaneamente e raggi diretti e raggi così riflessi, vede l'oggetto, e, al di sopra, capovolta, una immagine di esso.

È questa la specie di miraggio che osservano talora i navigatori sulla tranquilla superficie del mare, la cui temperatura, più fredda di quella dei calmi strati sovrapposti, rende la loro densità rapidamente minuente dal basso in alto e l'immagine capovolta degli oggetti (sponde, isole, navi lontane) si disegna sull'atmosfera *(Fig. 99)*. Bellissime descrizioni di questa maniera di miraggio, da lui ripetute volte osservata nei mari di Groenlandia, ci ha dato l'illustre Capitano Scoresby.

Più raro dei due precedenti, interviene un terzo tipo di miraggio, detto *laterale* o *di fianco;* e si produce allorquando due corpi d'aria di differente densità trovansi, non già l'*uno sull'altro,* ma si l'uno *accanto* all'altro. Ciò accade talvolta nelle lunghe valli orientate in modo che, mentre una porzione di esse è a lungo scaldata dal sole, un'altra porzione, rimasta molte ore nell'ombra, è notevolmente più fredda. Le due falde aeree soprastanti alle due sezioni della valle, differentemente dilatate, non presentano le stesse condizioni al passaggio dei raggi visuali; e siccome le due zone atmosferiche confinano fra loro per superficie verticale, invece di confinare (come nei due precedenti casi) per superficie orizzontale, avviene allora che un oggetto, che trovisi nell'aria più densa, possa comparire riflesso nella più rara, e si avrà quindi, a lato e diritta, l'immagine di lui. Questo vago fenomeno si osserva talvolta nelle pittoresche valli della Svizzera, e specialmente sul lago di Ginevra.

Quando, finalmente, invece di prodursi in mezzo a strati piani e regolari, le refrazioni e le riflessioni dei raggi luminosi si compiono in mezzo a strati ricurvi ed irregolari, si ha allora un miraggio, in cui le immagini sono deformate e ritorte in tutti i sensi, anfratte o ripetute più volte, allontanate le une dalle altre a varie e considerevoli distanze. Ciò accade nella fantastica visione aerea, che la popolare superstizione meridionale attribuiva ad una

magica potenza, chiamata la *Fata Morgana*, sul mare che divide Reggio di Calabria dal lido di Sicilia (*Fig.* 100).

Fig. 100. — Fata morgana.

VIII.

Ma è tempo di volgerci alle Meteore Acustiche.

La grande e feconda teoria delle *Radiazioni*, che va oggimai sotto gli occhi nostri trasformando le scienze naturali, e riducen-

dole al principio fondamentale della Unità delle Forze Fisiche, spiega i fenomeni del Suono, non meno perfettamente di quelli del Calore e di quelli della Luce.

Storicamente, anzi, egli è dall' Acustica che questo movimento scientifico ha preso originariamente le mosse, per andar poi a rinnovellare da capo a fondo le basi dell' Ottica, della Termodinamica e delle altre scienze sorelle.

Benchè negli ordinari Trattati di Meteorologia non si trovi per solito una divisione speciale per le Meteore Acustiche, io reputo pur tuttavolta che troppo incompleto sarebbe questo quadro da noi intrapreso dei grandi lineamenti della Fisica del Globo, se anche ai fenomeni che sotto una tale denominazione possono comprendersi, non consacrassimo alcune sintetiche spiegazioni.

In quella guisa medesima che, parlando delle temperature, delle pressioni barometriche, delle meteore elettriche, del magnetismo terrestre, dei fenomeni luminosi, io ho supposto già note a' miei ascoltatori le leggi generali della Fisica intorno a questi differenti oggetti, limitandomi, dal canto mio, a considerarne le applicazioni alla costituzione fisica del nostro pianeta, — così, del pari, io mi asterrò dall' entrare nel dominio dell' Acustica propriamente detta, i cui principî formano il campo, sul quale si esercitarono i genii di insigni uomini, come Eulero, Mersenne, Chladni, Trevelyan, Savart e, sovratutti, fra i più moderni, Helmholtz.

La Natura non è mai muta, perchè ella non è mai in assoluto riposo. Il suono è dappertutto, come il movimento. A cominciare dai confusi fragori del tuono, dell' uragano e del mare, e procedendo fino al modulato canto degli augelli ed alla dolce melodia della voce umana, la *Musica naturale* non è punto men ricca di note e di combinazioni, di quella che la scienza e l' arte dei grandi maestri ha saputo creare, per esprimere, con un linguaggio divino, tutte le gradazioni dei sentimenti, che fanno più vivamente palpitare il cuore umano. Son noti gli aforismi di Pitagora e della sua scuola sulla *Armonie* del mondo, e sulla occulta potenza del ritmo e del numero; aforismi che Wolfgango Goethe ha richiamato in onore, sul cominciare del

Fausto, là dove ci dipinge *il sole che, nel coro delle sfere, si muove armonicamente.*

La forza o l' intensità d' un suono è primieramente determinata dalla violenza del movimento che lo produce, e quindi dalla natura del *mezzo*, nel quale si propaga. Sotto la campana di una macchina pneumatica, il suono di un campanello o di qualsiasi altro strumento vibrante, si affievolisce gradatamente e sembra andare morendo, a misura che l' aere è più rarefatto. Sulle alte montagne, ove l' aria ha una minor densità che nelle soggiacenti pianure, tutti i rumori scemano di forza e sembrano più lontani che in fatto non siano. Sulla vetta del Monte Bianco, De Sanssure ha riconosciuto che un colpo di pistola non produceva suono maggiore di quello di un piccolo scoppietto da trastullo nella valle. Nelle esperienze che La Condamine istituì a Quito, fra due stazioni alte, l' una 3000 e l' altra 4000 metri, il fragore di un cannone da nove, a 20 chilometri di distanza, somigliava appena a quello di un pezzo da otto, sentito a 31 chilometri nei piani circostanti a Parigi. Gli areonauti hanno sovente osservata la debolezza della loro voce, negli alti spazi atmosferici. Il Sig. Glaisher nelle celebri ascensioni che fece in compagnia del Sig. Coxevell, nel 1863, sentì, a 3000 metri di altezza, il guaito di un cane e la voce del vento, che muggiva sotto di lui. Le grida di parecchie migliaia di persone avevano cessato di essere sentite alla metà di quell' altitudine. Un' altra fiata, però, il cupo mormorio di Londra, vasta formicaia, in cui brulicano più di tre milioni di esseri umani, giunse fino ai due areonauti a 2 chilometri di elevazione verticale. Il fischio della locomotiva fu udito ad un' altezza di 6 chilometri e $^1/_2$: è questo il punto estremo a cui orecchio umano abbia sentito suoni partiti dalla superficie del suolo. L' aria era quel giorno eccezionalmente umida.

Quando si pensa (dice, nel suo bel libro intitolato *L'Acoustique*, il Sig. Radau) all'affievolimento che il suono necessariamente subisce nelle regioni superiori dell'atmosfera, si rimane stupefatti all'intensità del frastuono prodotto dalla esplosione di un bolide. Una meteora

osservata nel 1719, la quale, giusta i calcoli di Halley, traversò lo spazio ad un' altezza di più che 100 chilometri, cagionò una detonazione comparabile a quella di un cannone di grosso calibro; fece tremare e porte e finestre, e nell' Osservatorio di Greenwich, un cannocchiale cadde dalla sua nicchia e si spezzò sul suolo. Fa d' uopo adunque che lo scoppio degli uranoliti si faccia con una estrema violenza. — Noi ne parleremo di proposito nella Lezione immediatamente consecutiva alla presente.

Nell' aria compressa, il suono è singolarmente rafforzato, e l' audizione vi è esagerata. Del pari, i suoni si propagano con gran forza nell' acqua. Giusta le esperienze da lui fatte sul Lemano, Colladon stimava che si potrebbe parlare e comunicare, in mare, mediante una campana sommersa, alla distanza di cento chilometri. Beniamino Franklin sentì l' urto di due sassi nell' acqua, a più di mezzo-miglio inglese (800 metri).

Il suono che passa da un mezzo ad un altro, di densità differente, subisce una notevole perdita d' intensità. I palombari non sentono che molto fiochi i rumori che vengono dalla superficie; nell' atto che, invece, chi sta al di fuori dell' acqua, odo molto bene i suoni che salgono dal profondo: un colpo battuto sulla campana ad una profondità di 10 metri, è perfettamente percepito alla superficie. Il che prova che l' acqua trasmette più facilmente le vibrazioni all' aria, che questa a quella; o, più genericamente, che le vibrazioni si comunicano meglio dal *più* al *meno* denso dei mezzi, anzichè reciprocamente. È questa la cagione, per cui le vibrazioni di un corpo solido se, invece di propagarsi direttamente nell' aria, non vi giungono che dopo aver passato attraverso ad un liquido, conservano una più grande o più durevole energia. Ma la legge enunciata poc'anzi non è più vera, se la differenza di densità fra i due mezzi è troppo grande. Le vibrazioni d' un corpo solido difficilmente si trasmettono ad un corpo gazoso, a meno di dargli una grande superficie.

Questi principii, dei quali è facile verificare l' esattezza con esperienze di gabinetto, non imperano punto meno nelle grandi

esperienze della Natura. De Saussure e Schultes si assicurarono che il suono giunge più agevolmente dalla base alla vetta di una montagna, che dalla vetta alla base. Egli è che, nel primo caso, la vibrazione passa da un mezzo più denso (costituito dagli strati atmosferici più bassi) ad uno più rarefatto, negli strati più alti.

L'ineguale scaldamento delle falde aeree, sotto l'azione dei raggi solari e della irradiazione terrestre, rendendo eterogenea la densità delle falde aeree, ne modifica le proprietà acustiche. Egli è con questa circostanza che Humboldt vuole spiegare la ben nota differenza d'intensità dei suoni di giorno e di notte. Ma Nicholson cerca la ragione del fatto nell'assenza, durante la notte, dei mille confusi rumori, i quali, nel giorno, agitano intorno a noi l'atmosfera. Il silenzio notturno, dic'egli, riposando i nostri organi, li rende più sensibili anche alle fioche impressioni; il silenzio esalta l'udito, come l'oscurità acuisce la vista. Al che Humboldt oppone ciò ch'egli stesso ha osservato in America: nei paesi tropicali, gli animali fanno molto più frastuono di notte, che di giorno; ed il vento non si alza che al tramonto. Eppure i rumori delle cateratte dell'Orenoco sentonsi a Atures (a più di una lega) con triplicata energia nella notte, anzichè nel giorno. Lo stesso autore osserva, inoltre, che l'incremento notturno dei suoni è più sensibile nelle basse pianure che negli altipiani; e sulla terra ferma, più che in alto mare. Probabilmente tutte queste cagioni insieme contribuiscono a produrre il fenomeno.

Molte osservazioni c'inducono ad affermare che il freddo tende ad accrescere l'intensità dei suoni. Nelle regioni polari, il capitano Parry sentì spesso alla distanza di un miglio (1700^{m}) una conversazione a voce ordinaria. Foster, compagno di Parry, racconta che, a Port-Bowen, potè conversare con un marinaio a 2040 metri di distanza, con un freddo di—28°. Si è creduto che ciò dipenda dalla maggiore condensazione dell'aria; ma le esperienze dei signori Bravais e Martins hanno provato che a Saint-Cheron (dipartimento di Senna ed Oisa) un diapason montato sopra una cassa acustica sentivasi a 254 metri ad 1 ora del pomeriggio, e

fino a 379 metri a mezzanotte; mentre invece, sul Faulhorn, il suono giungeva a 550 metri a mezzanotte e sul Monte Bianco a 537 metri, benchè l'aria sia, senza dubbio, assai meno densa su quelle altezze, che nella pianura. La calma che regna nei deserti polari e sulle grandi eminenze, contribuisce di certo a produrre il relativo aumento del suono.

Importante è l'azione del vento sulla intensità del suono. È noto, per la più volgare esperienza, che si sente molto meglio nella direzione del vento, che nella opposta. Du Haldat ha fatto a Nancy esperienze, dalle quali risulta che il suono si sente da due a tre volte più lungi sopra che sotto vento. Più tardi, Delaroche e Dunal fecero osservazioni più precise nel piano d'Arcueil; dalle quali è risultato che, per distanze inferiori a 6 metri, l'influenza del vento è insensibile; ch'essa diventa percettibile per le distanze più grandi e cresce con esse. Ella è più energica pei suoni deboli, che pei forti. Un vento contrario affievolisce il suono, ma (e questo è il più importante risultamento di quelle esperienze) qualunque altro vento lo affievolisce ancora, tuttochè in grado minore. In un'aria calma, od in una direzione perpendicolare alla linea del vento, il suono sentesi ognora più da lungi. L'agitazione dell'aria è adunque nociva sempre alla propagazione del suono; il che spiegasi facilmente, ove si rifletta che il vento produce movimenti ondulatorii dell'aria, capaci di determinare, nelle onde sonore, fenomeni analoghi a quello delle *interferenze*, che già vedemmo succedere nelle onde luminose, e che vedremo anche, in una ventura lezione, accadere nelle vibrazioni del suolo in certi terremoti. Derham aveva già fatto una osservazione simile a Porto Ferraio, ove il cannone di Livorno sentivasi meglio quando l'aria era calma, che quando il vento soffiava da Livorno stesso. Il celebre barone De Zach, di cui la storia scientifica genovese conserva sì gradito ricordo pel lungo e geniale soggiorno ch'egli fece nella nostra città, racconta che nell'Osservatorio di Seeberg, il suono delle campane, il rumore dei mulini, il guaito dei cani e le voci umane salivano in distinto modo durante le notti, nelle quali le

immagini degli astri si mostravano molto tranquille; nell'atto che, invece, egli non sentiva quasi nulla, allorchè le stelle tremolavano nel campo del suo telescopio. Noi possiamo adunque, fino ad un certo segno, considerare il suono come un buon anemometro.

Vi hanno certi suoni che si fanno sentire nell'aere libero più lungi degli altri, perchè fanno tremare il suolo; le cui vibrazioni si aggiungono e sommano allora a quelle dell'atmosfera. Tale è il fragore del cannone. A Livorno si sentì il frastuono delle artiglierie di Firenze (a 90 chilometri). Quello del cannone di Genova si udì già in mare a 105 chilometri. Nel 1792 il cannone di Magonza fu udito a Timbeck, lontano 245 chilometri. Nel 1809 i colpi del cannone di Eligolanda furono sentiti a Annover (260 chilometri); ed il 4 dicembre 1832 quelli tirati ad Anversa furono uditi in Sassonia, nelle montagne dell'Erzgebirge, a 600 chilometri di distanza. L'eruzione del vulcano San Vincenzo nel 1815, si fece sentire a Demerary, a 300 miglia marine (500 chilometri).

La questione della velocità con la quale il suono si propaga nell'aria, è stata l'oggetto di lunghi ed importanti studi tra i Fisici. Le prime esatte esperienze furono fatte nel 1733 da una Commissione della francese Accademia delle Scienze, composta di Lacaille, Maraldi, Cassini De Thury ed altri. Questi dotti trovarono che il suono impiega in media 1 minuto e 24 secondi a percorrere la distanza di 29,000 metri, il che dà 337 metri per secondo, alla temperatura di circa 6°. Ma più tardi, si riconobbe che la velocità si aumenta di 0^m, 60 ad ogni incremento di 1 grado centigrado di temperatura; d'onde si dedusse che la velocità media del suono a 0° è di 333 metri per secondo. Le osservazioni fatte nelle stazioni intermedie mostrarono che la velocità del suono è uniforme, in questo senso ch'ella non si rallenta punto quando la distanza da percorrersi è maggiore. Si riconobbe, altresì, che essa è la stessa col bel tempo, con la pioggia, di giorno, di notte, e qualunque sia la direzione della bocca da fuoco (furono questi

gli istrumenti primitivamente adoperati) di cui si fa uso. Essa subisce però l'influenza del vento, secondo la forza con la quale questo spira, e l'angolo che fa con la direzione del suono. Un vento contrario ritarda il suono; un favorevole lo accelera.

Queste esperienze furono poscia ripetute da Kaestner, Benzenberg, Goldingham, e poi (più esattamente), sulla richiesta di Laplace, da Arago, Gay-Lussac, Humboldt, Mathieu e Buvard. Essi trovarono la velocità media del suono eguale a 331 metri al secondo, con la temperatura di zero; e ad ogni grado di calore, dovettero aggiungere 0^m, 60; per guisa che, a 15°, la velocità diventò di 340 metri. Altre osservazioni furono fatte poscia da Kendall, Parry, Biot e (sovratutti) da Regnault, con tutti i perfezionati metodi della scienza moderna; e si ottennero risultamenti molto singolari sotto il punto di veduta della Fisica pura; ma per ciò che concerne la Fisica del globo e la Meteorologia, i dati succennati rimangono tuttora leggi perfettamente assegnabili.

La velocità, con la quale il suono si propaga nell'acqua, fornisce un mezzo per misurare la profondità di un bacino, e sopratutto di un lago. Beudant ha trovato che, nell'acqua di mare, cotale velocità è di 1500 metri al secondo; nell'acqua dolce, fu trovata da Colladon e Sturm 1435 metri.

Del pari, la velocità del suono nell'aria essendo conosciuta, può adoprarsi, per misurare approssimativamente una distanza; si osserva l'intervallo che passa tra il lampo di un colpo di fuoco e l'arrivo del rumore: ogni secondo di ritardo rappresenterà circa 340 metri.

A somiglianza dei raggi luminosi, i raggi sonori si riflettono sugli ostacoli che incentrano; ed in quella guisa stessa che la superficie liscia di uno specchio rinvia maggiore quantità di luce, che una superficie ruvida, così, del pari, non tutti i corpi godono nello stesso grado la proprietà di ripercuotere i suoni. Sono questi meglio riflessi dalle sostanze dure, compatte e resistenti, che dalle materie molli e flessibili.

Però le leggi della riflessione dei raggi sonori non sembrano essere così semplici come quelle della riflessione della luce, giacchè le onde sonore possono propagarsi anche seguendo linee curve e girando gli ostacoli che incontrano. Non è inoltre necessario, perchè la riflessione del suono si compia, che la superficie riflettente sia perfettamente levigata e piana: una vecchia o rozza muraglia, un baluardo in rovine, una collina nemorosa e silvestre, ecco gli ostacoli che formano l'Eco perfetta.

L'*Eco!* In lingua ebraica questo fenomeno chiamasi *bat kol*, la figlia della voce. La greca mitologia ce lo rappresentò nella infelice ninfa, che amò il bel Narciso, e che, spregiata, si sciolse in lamine, non lasciando di sè fuorchè la voce, la quale obbedì poscia alla passione di un altro.

Troppo importante è l'ufficio che questo fenomeno adempie nell'economia della Natura, perchè noi possiamo escluderlo da questo nostro quadro della vita dell'universo. Gli echi dai quali un paesaggio è animato (ben dice il sig. Radau), stabiliscono quasi un legame di simpatia tra l'uomo e la Natura, la quale sembra rispondere allo suo chiamate. La foresta non è muta nè insensibile alle nostre gioie; essa ripete le grida dei cacciatori ed il clangore dei corni

Non canimus surdis, respondent omnia silvae.

VIRG.

Ed ecco, sclama il P. Mersenne, come il Creatore ha dato un linguaggio ai boschi, ai fiumi ed alle montagne!

Non è però solamente sulle dure e solide superficie delle rocce e dei muri, che il suono si ripercuote. Anche le nubi riflettono i rumori terrestri. I membri dell'Ufficio delle Longitudini, in Francia, nel fare le loro esperienze sulla velocità del suono, riconobbero che il fragore del cannone era accompagnato da echi, ogniqualvolta una nube passava al disopra delle loro teste. Ed il rimbombo del tuono in gran parte si spiega per le molteplici riflessioni che il suono subisce tra la terra e la nuvola procellosa. Anche gli arco-

nauti sentono l'eco della loro voce, che il suolo o la nube loro rinvia. Le vele delle navi e le stesse onde più alte formano eco anch'esso: i comandanti di bastimenti hanno più volte osservato che le parole gridate nel portavoce ritornano, se incontrano le superficie convesse delle vele di una squadra.

Troppo lungo sarebbe il riferire qui tutti i celebri esempi di straordinarii echi naturali, che presenta la configurazione di un gran numero di punti della Terra. A ricordarne alcuni soltanto, gioverà citare la famosa grotta di Fingal, nell'isoletta di Staffa: quando il viaggiatore penetra fino all'estremità di quella caverna basaltica, vede, a fior d'acqua, una specie di antro, dal quale escono suoni armoniosi, ogniqualvolta un'onda ne oltrepassa il lembo esteriore e l'acqua viene ad ingolfarvisi, circostanza che valse a quella grotta, presso i Gaelici, il nome di *Llaimh-binn*, che significa *speco musicale*. — San Clemente Alessandrino narra come in Persia esistano tre montagne in una aperta campagna, situate per modo, che, accostandosi alla prima di esse, non si odono che voci confuse gridanti e schiamazzanti; avvicinandosi alla seconda, il frastuono diventa più forte e più tremendo ancora; ma presso la terza, le voci si mutano in suoni di letizia e di gioia trionfale.

Ma io credo che le cose dette sin qui bastino allo scopo nostro, ch'era quello soltanto di mostrare la parte che il suono ha nella economia generale della Natura, ricordando una fiata di più come la scienza abbia dato piena conferma ai concetti dell'antica scuola pitagorica sulle armonie dei mondi e sulla potenza del numero o del ritmo, concetti che furono rigorosamente dimostrati veri da intelletti sublimi, come quelli di Goethe, Eulero ed Helmholtz.

Digitized by Google

LEZIONE XXII.

Gli Uranoliti — Stelle Cadenti
Bolidi — Areoliti

SOMMARIO.

Pietre Meteoriche. — Esempi storici antichi. — Controversie moderne. — Stelle cadenti; Bolidi; Areoliti. — Materie delle quali gli areoliti sono composti. — Periodiche cadute di stelle filanti. — Punti di divergenza delle loro traiettorie. — Spiegazioni dei fenomeni: teoria *atmosferica*, teoria *vulcanica*, teoria *lunare*, teoria *annulare*, teoria *cosmica*. — Scoperta del Signor Schiaparelli. — Calorico dei meteoroliti. — Alte speculazioni della moderna Filosofia naturale. — Pioggia stellare di novembre 1867. — Il P. Secchi.

I.

Signori,

« Se la scienza moderna ha troppo sovente peccato per eccesso « di scetticismo, si è (bisogna pur confessarlo) che la scienza « antica peccò lungamente per eccesso di credulità ». — Quest'aurea sentenza dell'arguto Sig. Prof. Deherain non trovò forse giammai così evidente applicazione, come rispetto alla questione scientifica, che io mi propongo di esaminare nella odierna nostra conferenza.

È egli vero che talvolta cadano dal cielo pietre di varia grandezza, precedute da vivida luce ed accompagnate da forti esplo-

sioni? — Gli Antichi non solo non dubitavano menomamente della realtà di coteste *pioggie di sassi*, ma le spiegavano altresì con una divina e misteriosa origine, e adoravano le pietre venute dal firmamento, siccome oggetti sacri e celesti.

Tutte le vetuste mitologie abbondano di esempi di questa credenza: la famosa *pietra di fulmine*, caduta nell'Isola di Creta, e riguardata dalla devozione dei Greci, siccome il simbolo di Cibele; — la grandine di ciottoli, che sgominò, secondo ci narra la Bibbia, l'esercito nemico degli Israeliti nella pianura di Beth-Oron; — l'*Ancila*, o scudo sacro, caduto in Roma sotto il regno di Numa Pompilio; — la *Pietra Nera*, conservata nella Kaaba della Mecca; — la spada di Antar in Mongolia; — la piramide di Cholula nel Messico, appartengono tutte a questa categoria di fenomeni, e con poche varianti riproducono tutte la medesima istoria. In uno dei mirabili frammenti di Eschilo, è fatta allusione ad una pioggia di pietre mandata dall'ira di Giove. Uno dei titoli di gloria che l'antichità riconoscente attribuiva al filosofo Anassagora, era quello di aver predetto (predizione che, come tante altre, non precedette forse, ma seguì l'avvenimento) la caduta di una roccia celeste, grossa come due macine da molino, sul territorio di Egos-Potamos, presso all'Ellesponto, in quel luogo stesso dove poco dopo Lisandro, sbaragliando la flotta Ateniese, pose fine alla lunga guerra del Peloponeso, ed assicurò il duro primato di Sparta su tutta la Grecia.

Ma, per una di quelle cieche riazioni, che la storia della scienza presenta non meno frequenti che la storia della politica, i moderni si rifiutarono per secoli e secoli a prestar fede a questa classe di fenomeni; ed alla vigilia della Rivoluzione Francese, l'Accademia delle Scienze di Parigi scomunicava senza appello i facili credenzoni, che si lasciavano pigliare a questa supposta pania. La dotta Assemblea, sentito il rapporto di una speciale Commissione, dichiarava solennemente menzognera la relazione della caduta di una pietra meteorica presso Lucé. Invano si presentavano testimoni oculari degni di fede, ad affermare come poco avesse mancato a

che fossero colti essi medesimi dagli sparpagliati frantumi, che in ogni senso aveva scagliati la scoppiante, infiammata massa. Gli insolenti ignoranti, che si permettevano di accordare maggior fiducia ai propri occhi, che all'oracolo della scuola, e che osavano pretendere che un'Accademia potesse anco una fiata ingannarsi, furono come di dovere messi in ridicolo, ed i giornali umoristici del tempo non li risparmiarono punto nelle loro più o meno argute caricature.

Eppure era ancor fresca la memoria delle risa e degli scherni che nel seno di un'altra inclita Accademia, nel seno della Società Reale di Londra, avevano accolto l'annunzio, umilmente datole da Beniamino Franklin, della invenzione del parafulmine!

Dileggi di cotal sorta hanno, davanti al tribunale della scienza ed a quello della posterità, lo stesso valore che avranno le melense ironie con le quali un Vescovo inglese accolse recentemente le scoperte di Darwin e di Huxley.

II.

Ma il cielo parve voler prendere sul serio la sfida lanciatagli dalla sapiente congrega. Una straordinaria quantità di pietre meteoriche, cadute allora appunto in moltissime parti d'Europa, venne ad avvertire i Fisici che era forse opportuno, nonostante il divieto della dotta assemblea, prestare qualche maggiore attenzione a ciò che avveniva al di sopra delle loro teste.

Uno scienziato tedesco, Chladni, ebbe pel primo, nel 1791, il coraggio di occuparsi seriamente di questa screditata materia, intorno alla quale non tardarono a moltiplicarsi gli studi di uomini eminenti, quali Quetelet, Arago, Biot, Herschel, Humboldt, Hencke, Holland, Wilson ed altri, dagli studi dei quali risultò che le pietre meteoriche hanno evidentemente una origine cosmica, e si riannettono ad altri fenomeni celesti, segnatamente a quello delle stelle cadenti. Esse formano quindi, a questo titolo, argo-

mento di natura astronomica, piuttosto che meteorologica. La Fisica del Globo però non può astenersi dal prenderle in attenta considerazione, siccome quelle che costituiscono un anello di congiunzione tra la Terra che noi abitiamo e gli spazi celesti, coi quali nessun altro fenomeno ci mette in così immediato rapporto.

Prima di riassumere i risultamenti ai quali questi studi hanno

Fig. 101. — Pioggia di Stelle Cadenti, in mare.

oramai condotto la scienza, sarà bene accennare le principali circostanze che accompagnano l'apparizione dei meteoroliti.

Digitized by Google

Durante le nostre notti calme e serene, chi di noi, o Signori, non ha veduto talvolta una fulgida e splendente striscia di fuoco solcare come il baleno la celeste volta, e poi andarsi a perdere negli spazi senza confine? Un punto luminoso, senza diametro apparente, che guizza rapidissimo nel firmamento, ecco la *Stella cadente (Fig. 101)*. Talora quel filo di luce, dopo avere traver-

Fig. 102. — Bolide e sua striscia luminosa.

sato, con incredibile velocità, una vasta zona, acquista grandi dimensioni, e finisce sovente con una violenta esplosione; quel

corpo allora si chiama un *Bolide*. — Finalmente, i bolidi qualche fiata si spezzano, lanciando per ogni dove frammenti minerali, che chiamansi *Areoliti*. *(Fig. 102)*. Stella cadente, bolide, areolito sono dunque tre fenomeni congeneri, o, meglio ancora, tre fasi successive di uno stesso fenomeno.

Variabilissima è l'altezza delle stelle cadenti, vale a dire la porzione visibile della loro traiettoria: essa oscilla fra 3 e 26 miriametri. La conoscenza di questi limiti, non che quella della enorme velocità di quei problematici asteroidi, è dovuta alle osservazioni simultanee di Brandes e di Benzenberg, ed alle misure di parallasse, che essi fecero, mercè di una base di 15,000 metri di lunghezza.

Secondo questi medesimi due osservatori, la velocità con la quale le meteore cosmiche dagli spazi planetari entrano nell'atmosfera terrestre, e quindi la velocità relativa con cui esse cadono sul nostro globo, varierebbe tra 4 miglia e $^1/_2$ e 9 miglia al minuto secondo, e apparterrebbe perciò al novero delle velocita planetarie. Ma con molta maggiore esattezza questo elemento venne recentemente determinato dal nostro chiarissimo Comm. Schiaparelli, il quale in una Memoria presentata alla Società Italiana delle Scienze ed in una sua Nota letta il 23 gennaio 1868 al R. Istituto Lombardo delle Scienze, ha dimostrato che la velocità con cui le meteore entrano nell'atmosfera, tenendo conto dell'accelerazione prodotta dalla gravità terrestre, è compresa fra i limiti di 16000 e 72000 metri per minuto secondo. Però la resistenza dell'atmosfera modifica notevolmente cotesta velocità; talchè l'areolito spesso giunge alla terra con sì piccolo impeto, da non sprofondarvisi di più di quello che farebbe un proiettile di artiglieria di peso uguale al suo. Un meteorolito che venga alla terra con caduta verticale, e con una velocità iniziale di 72000 metri al secondo al momento di entrare nell'atmosfera, perde gli $^8/_9$ della sua velocità in uno o due secondi, giungendo allo strato dove la pressione è di $7^{m.m}$, 58. Un meteorolito che cada in direzione inclinata di 10° sul piano dell'orizzonte, ha la sua velocità ridotta da 72000 metri ad

Fig. 103. — Scoppio di un Bolide.

Digitized by Google

8000 metri, non appena è arrivato nello strato ove il barometro segna 1 $^{m.m}$, 30. Elegantissima è la dimostrazione analitica che il Prof. Schiaparelli dà di questi suoi teoremi, e che coloro fra Loro Signori ai quali sono famigliari le alte speculazioni matematiche, potranno leggere nel Fasc. I. Vol. I. Serie II. dei Rendiconti del Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, di cui lo Schiaparelli è uno dei più belli ornamenti.

Gli areoliti che si raccolgono sulla superficie terrestre, offrono sempre le medesime condizioni fisiche e chimiche generali. Appena caduti, hanno una elevatissima temperatura; la loro superficie è nerastra, lucente, ed i loro componenti sono sostanze identiche a quelle che noi scorgiamo sulla superficie della terra; sono, prima di tutto, otto metalli: ferro, nichelio, cobalto, manganese, cromo, rame, arsenico e stagno; poi cinque specie di terre; infine la potassa, la soda, lo zolfo, il fosforo, ed il carbonio; come vedono, o Signori, sono poco meno cho il terzo del numero dei corpi semplici attualmente conosciuti dalla Chimica. Una riflessione importante è però qui necessaria. Sebbene siano formate degli stessi elementi chimici che contengono i minerali delle rocce terrestri, le masse meteoriche presentano pur tuttavolta, nel modo col quale questi elementi vi sono combinati, caratteri molto differenti, un aspetto che nulla ha di comune con quello delle materie sul nostro globo disposte. Il ferro allo stato nativo, che s'incontra in quasi tutti gli areoliti, concorre anch'esso ad imprimer loro uno speciale suggello.

Sono noti i mirabili aiuti che l'Astronomia fisica ha ricevuto dall'uso dello *Spettrometro,* di questo magico strumento, dovuto al genio di Bunsen e di Kirchof, che ci permette d'indovinare, dalle variabili striscie contenute nello spettro luminoso, la natura ed i componenti del corpo da cui la luce emana, e che si presta egualmente alle minute analisi del Chimico ed alle più sublimi ricerche dell'Astronomo. Alessandro Herschel sottopose all'analisi spettrale un bolide, e dalle sue osservazioni potè inferire che il sodio si trova allo stato di vapore luminoso nelle code di quelle meteore. Quelle che il Sig. Browning pubblicò nel 1867

gli permisero di affermare che il colore predominante nello spettro delle stelle cadenti è il giallo.

La grossezza di queste masse è molto variabile. — Le più voluminose fra quelle che furono trovate sopra la terra, sono quelle descritte da Ruben e da Cellis, raccolte a Bahia nel Brasile e a Otumba nel Messico (celebre pianura, per la vittoria di Cortez sull' esercito di Montezuma), le quali avevano entrambe circa due metri di diametro. Ho però poc' anzi accennato alla celebre pietra di Egos-Potamos, che gli Antichi dichiararono di ancora più grandi dimensioni; e, secondo una tradizione popolare nella Mongolia, si troverebbe in una pianura presso le sorgenti del fiume Giallo, che irriga sì gran parte dell' impero cinese, una roccia meteorica nera, alta più di tredici metri. Si osservarono talora bolidi o globi di fuoco, i quali, prima di scoppiare, avevano un diametro calcolato da 150 ad 800 metri, ed i quali, scorrendo nell' atmosfera lungo estesi tratti di paese, scagliarono migliaia di sassi di varie grandezze.

Il barone di Reichembach, avendo scôrto, pochi anni or sono, una notte, brillare nel cielo una stella cadente, al di sopra del suo castello in Germania, si pose tosto, co' suoi domestici, in cerca dell' areolito, ch' erasi precipitato nella vicina campagna; e fu abbastanza fortunato, per ritrovare, dopo poche ore, caldissimo ancora, un bel frammento meteorico, di cui arrichì la sua preziosa collezione. Sarebbe però un errore il credere facili a rintracciarsi, in generale, i frantumi dei bolidi. Non ha guari, un areolito scoppiò presso la città di Vienna in Austria, al di sopra di un accampamento di 40,000 soldati. Tutti costoro udirono il formidabile fragore della meteora, ciascuno vide la luminosa striscia che descrisse nel cielo, prima di toccare il suolo; i curiosi si sparsero a migliaia nella circostante pianura; ma vani furono gli sforzi, inutili le ricerche: neppure un bricciolo di pietra meteorica potè essere trovato. È celebre un pezzo di pietra meteorica raccolto, tre anni circa or sono, in Francia presso il paese di Orgueil, ove moltissimi osservatori poterono assistere allo scoppio del

bolide, che gli avea dato origine. Il Sig. Daubrè, che lo ha chimicamente analizzato, vi trovò una sostanza simile alle ligniti terrose.

Il solo essero umano, il quale consti essere stato ucciso da un areolito, fu un povero frate, che ne fu colpito nelle vie di Milano. Singolare fra tutti è il caso della nave il *Jhon Bates*, la quale, in mezzo all' Oceano, fu tutta coperta da una pioggia di polvere ferruginosa, proveniente dalla combustione di una massa metallica nelle alte regioni aeree.

I Musei mineralogici di tutto il mondo civile posseggono non pochi pezzi di pietre celesti; o due io ne offro qui all'attenzione de'miei Uditori, che appartengono alla nostra Università. Ma è d' uopo riflettere che i tre quarti almeno dei corpi che ci manda il cielo vanno sommersi nelle onde marine, le quali coprono appunto i tre quarti del nostro globo; soltanto una debole frazione del quarto che viene ad infrangersi sulla solida crosta della terra, cade in circostanze tali, da permettere all'uomo di accertarsi direttamente dell'arrivo di un nuovo venuto fra questi mossaggeri dei celesti spazi, che sono i soli esseri i quali pongano il nostro pianeta in materiale contatto con altri corpi non terreni. Infinito è il numero di quelli che sono precipitati in regioni deserte, o dove la scienza non ha nè Osservatorii nè cultori. Innumerevoli sono infine probabilmente quelli che vanno a perdersi nelle ignote, interminate plaghe del firmamento.

III.

Ma io non ho accennato ancora alla più singolare o certamente alla più memoranda fra lo scoperto, che la scienza moderna abbia fatte in ordine alle stelle cadenti, ai bolidi ed alle pietre meteoriche. Voglio alludere al fatto perfettamente accertato, che, sebbene in tutte le notti dell'anno sia possibile osservare alcuna di queste meteore isolata e sporadica, sonvi però alcune distinte epoche

dell'anno, durante le quali l'apparizione di questi fenomeni si riproduce con periodica regolarità, ed in abbondanza affatto eccezionale.

La prima di qneste epoche critiche è la notte del 10 agosto; e dalla ricorrenza del santo cui essa appartiene nel calendario, fu dato a quella periodica grandinata di fuoco il nome di *pioggia* o di *lacrime di S. Lorenzo;* l'altra è la notte del 12 novemhre.

Per molti anni si ritenne dai dotti che a queste due soltanto si riducessero le periodiche piogge stellari. Il Sig. Holland fu (ch'io sappia) il primo ad osservare che ai mentovati due punti singolari è mestieri aggiungerne parecchi altri, in aprile, luglio e dicembre, contrassegnati anch'essi dal ritorno (comechè però più debole e meno spiccato di quelli di agosto e di novemhre) di simili meteore. I successivi studi del Weiss, del Dauhré, del Newton, di A. Herschel, di Schiaparelli e di altri valorosi osservatori ed astronomi, finirono di persuadere che molti e molti sono, nel periodo annnale, i sistemi di questi corpuscoli, ai quali il Padre Secchi proponeva or ora di assegnare il generico nome di *Uranoliti.*

Da alcuni anni numerosissime osservazioni si vanno facendo in tutti i culti paesi, intorno alle stelle cadenti, nello epoche sovraindicate. Fra i più henemeriti e dotti Osservatori, io citerò particolarmente in Italia la Signora Catterina Scarpellini, il venerando Padre Secchi ed il Prof. Respighi a Roma ed a Civitavecchia, il Prof. Schiaparelli a Milano, il canonico Parnisotti in Alessandria, il Padre Alessando Serpieri in Urhino, il Padre Denza a Moncalieri; in Francia, il Sig. Coulvier-Gravier; in Inghilterra, i Sigg. Glaisher ed Alessandro Herschel; in Germania, il Prof. Heis ed il Sig. Behrmann; nelle isole Azorre, il Sig. Edmondo Guillemin, ed altri e poi altri ancora in diversissime parti del gloho.

Da tutto queste osservazioni è risultato, o Signori, che nelle stelle cadenti di agosto e di novembre, ciò che distingue particolarmente l'apparizione, è la divergenza della maggior parte delle trajettorie da punti determinati del cielo; punti, che, per le stelle di agosto, sono prossimi a η di Perseo, e per le stelle di

novembre a γ del Leone; punti che sembrano i centri di radiazione, dai quali, in quelle due notti, partono e si diramano, verso tutte le direzioni dello spazio, le stelle cadenti. Ma oltre a questi due punti, molti altri ve ne hanno nell'atmosfera celeste, dai quali irradiano le stelle cadenti; e tutti questi punti sono perfettamente assegnati nelle tavole degli Osservatorii, sicchè è possibile classificare tutte le stelle cadenti in altrettanti sistemi, quanti sono i centri della loro radiazione.

Infine, oltre alla periodicità annuale, il fenomeno obbedirebbe, secondo le idee dell'astronomo Olbers e del Prof. Newton americano, ad una legge di più lungo periodo. Si avrebbe, cioè, un regolare ritorno di una pioggia luminosa eccezionalmente abbondante, ad ogni decorso di circa 33 anni ed un terzo,

Secondo i calcoli degli astronomi, il ritorno di questo periodo avrebbe dovuto verificarsi appunto nel Novembre del corrente anno 1867. Nel momento in cui io parlo, non si hanno ancora tutti i resoconti degli osservatori delle stelle meteoriche dell'ora appena caduto Novembre. Le notizie però che già a quest'ora si posseggono ci autorizzano a dire che la scienza non si è ingannata. Il Direttore dell'Osservatorio Nazionale di Washington scrive che la pioggia testè avvenuta fu la più brillante che siasi veduta dopo la famosa del 1833, e se ne stimò il numero, nelle vicinanze del massimo, a cento per minuto. La durata dell'apparizione è stata di circa due ore. Il massimo è avvenuto verso le 4 ore 25' di tempo locale di Washington, che corrisponde a 10 ore 22' di tempo di Roma, nella mattina del 14 Novembre. A Wilmington, si calcola di averne vedute da 2 a 3 mila in 20 minuti! « Quest'apparizione (scrive l'illustre Padre Secchi) ha finito di mettere in sicuro la teoria dei moderni astronomi; e siccome sembra che quest'anno sia stato il massimo assoluto, così non ci lascia senza speranza che potremo goderne per qualche anno ancora, poichè le belle apparizioni continuarono, l'altra volta, dal 1833 fino al 1838 ».

IV.

Tutti questi maravigliosi fatti, e quello specialmente della regolare periodicità delle pioggie stellari, destarono da gran tempo ed in supremo grado l'attenzione dei dotti; i quali non ebbero pace, finchè non trovarono una teoria atta a spiegarne la causa.

Cinque diverse ipotesi furono successivamente, a tale uopo, immaginate.

Si suppose dapprima che la materia, onde sono formate le pietre meteoriche, siasi alzata dalla terra, in uno stato di suddivisione infinitamente minuta, come una specie di vapore; che poscia, raccoltasi e conglutinatasi, forse sotto l'influenza di una assai bassa temperatura, nelle alte regioni dell'atmosfera, siane ricaduta, in virtù del proprio peso. — A questa fu dato il nome di *Ipotesi Atmosferica;* ma ella fu bentosto abbandonata, siccome quella che, per dar ragione di un singolare fatto, ne supponeva altri più singolari e più strani ancora, come la vaporizzazione spontanea dei metalli, e il loro successivo condensamento, e siccome quella, d'altronde, che non porgeva spiegazione alcuna della periodicità delle stelle cadenti.

Fu detto da altri che le pietre meteoriche dovevano avere origine vulcanica, essere cioè scagliate da vulcani terrestri, con sufficiente veemenza, da trasportarle a grandissime altezze nell'atmosfera, dalle quali poi ricadevano quando, perduta la forza di proiezione, ritornavano sotto l'impero di quella di gravità. — Ma, oltrechè questa ipotesi *Vulcanica* ha gli stessi difetti della precedente, essa mal si accordava col fatto osservato, che la caduta delle pietre meteoriche si verifica non solo nelle regioni dove esistono vulcani, ma in tutte le parti della terra, anche nelle più lontane dalle ignivome bocche.

Si immaginò, in terzo luogo, che i meteoroliti fossero corpi scagliati con tal forza dai vulcani esistenti nella Luna, da allon-

tanarsi abbastanza da quest'astro e da avvicinarsi tanto alla Terra, che preponderando l'attrazione di questa sulla attrazione lunare, debbano cadere sul nostro pianeta. — Prescindendo da molte altre obbiezioni, alle quali va incontro questa che è detta l'*Ipotesi Lunare*, è chiaro come si appalesi anch'essa insufficiente a darci la ragione, per cui periodicamente si riproduca con maggiore abbondanza la caduta dei bolidi e l'apparizione delle stelle cadenti.

È questa principalmente la considerazione, per cui gli astronomi ed i filosofi si appigliarono, fino a tempi vicinissimi a noi, ad una teoria, mirabilmente esposta da Giovanni Herschel, da Humboldt e da Quetelet. Secondo questa teoria, una serie di immensi anelli di materia cosmica circolano intorno al sole, compiendo la loro rivoluzione in orbite particolari; orbite le quali intersecano, in certi determinati punti, quella della Terra; perlochè, quando questa passa presso al punto d'intersezione, esercitando una preponderante attrazione sovra i corpuscoli, che occupano le parti adiacenti dell'anello, ne stacca da questo un certo numero e li costringe a cadere sulla sua superficie.

Egli è molto probabile (diceva Alessandro Humboldt) che quelle masse cosmiche passino in gran numero in prossimità della nostra atmosfera, o continuino la loro corsa intorno al Sole, senza aver subito altro effetto dall'attrazione del globo, se non una modificazione nella eccentricità della loro orbita; senza dubbio, noi non li rivediamo in seguito, se non che dopo lunghi anni e quando hanno compiuto un certo numero di rivoluzioni. Queste miriadi di asteroidi costituiscono adunque diverse correnti, che vengono ad intersecare l'orbita terrestre, come fa anche la cometa di Biela, ed il loro insieme forma un anello continuo, nell'interno del quale essi siegono una direzione comune. Già i piccoli pianeti, posti fra Marte e Giove, ci offrono relazioni analoghe nelle loro orbite, così strettamente intersecate fra loro.

Questa che fu chiamata l'*Ipotesi Planetaria*, aveva il vantaggio di non lasciare nel mistero il fenomeno rilevantissimo della periodicità; perocchè con essa, a rendere ragione di cotale fenomeno,

basta supporre che il punto d'inserzione delle due orbite si verifichi precisamente nelle accennate epoche dell'anno; e tosto si comprende come, in queste epoche, più frequente e più abbondante debba essere la caduta dei meteoroliti, senza escludere però che, anche in altri periodi della sua rotazione annua, la Terra avvicini abbastanza l'anello meteorico, per determinare la sporadica apparizione di qualche bolide e di alcuno stello cadenti.

V.

Ma questa teoria era stata immaginata prima che i sig. Heis, Herschel, Greg ed altri avessero osservato il fatto capitale da me accennato più sopra, che cioè, oltre ai due punti della sfera celeste, dai quali irradiano le pioggie di agosto o di novembre, vi hanno nella sfera medesima numerosi altri punti di irradiazione, per cui anche le stelle sporadiche sono riducibili ad altrettanti sistemi diversi.

Or bene, partendo da questo dato di fatto, il Prof. Schiaparelli di Milano argutamento ne concluse che, per ispiegare con la teoria degli anelli circolanti attorno al Sole l'apparizione delle stelle cadenti, bisognerebbe ammettere che gli spazi del sistema solare siano occupati da una intricatissima matassa di cento e più anelli, di tanti cioè, quante sono le pioggie stellari divergenti dai due emisferi del cielo. Questi anelli (dice il lodato professore) dovrebbero avere, rispetto all'eclittica, tutte le possibili inclinazioni, essendo i punti di divergenza sparsi indifferentemente per tutto il cielo. Ciò basta a far vedere ch'essi non hanno la generazione comune coi corpi planetari del sistema solare, i cui caratteri distintivi sono, com'è noto, la rigorosa esclusione dei moti retrogradi, e la quasi esatta coincidenza di tutti i piani delle orbite col piano dell'eclittica.

« È dunque assai probabile (conclude lo Schiaparelli) che questi sistemi di corpuscoli non appartenessero al sistema solare nel tempo della generazione di questo, e che siano stati posteriormente chia-

mati dalle profondità dello spazio stellato per effetto dell'attrazione del Sole, come avviene delle comete. Di qui si trae l'immediata conseguenza, che le orbite descritte dalle pioggie meteoriche devono essere simili alle orbite cometarie. Pertanto in luogo di anelli elittici chiusi, nelle correnti che producono le pioggie meteoriche, avremo, come forme predominanti, le parabole, o, per lo meno, sezioni coniche molto allungate. Converrà quindi immaginare una moltitudine di torrenti di materia cosmica incurvantisi in forma di parabola intorno al Sole, come foco comune, e di tale lunghezza, da impiegare centinaia e migliaia di anni nel passaggio al perielio ».

Non ispiacerà certamente a' miei Uditori se, trattandosi di una scoperta che onora il nome italiano, io mi fermerò alquanto a rendere conto del sistema dallo Schiaparelli ideato. Il che io non saprei, per fermo, far meglio nè più chiaramente, che con le parole di un altro valente cultore della Meteorologia Astronomica, del Prof. Francesco Denza, del quale ecco le testuali osservazioni.

« Le stelle cadenti, secondo questo dotto astronomo, sarebbero parti della stessa materia cosmica che dà origine alle comete, dalle quali differirebbero solo per le dimensioni, come appunto le comete differiscono dalle nebulose; ma il loro numero sterminato compenserebbe la piccola massa di ciascuna, come il gran numero dei piccoli pianeti, compresi tra Marte e Giove, compensa le loro piccole dimensioni. Tali asteroidi sarebbero raccolti ed agglomerati sotto forma di innumerevoli nubi, diversissime per le forme e per la densità. Queste nubi di polvere meteorica vagano, come le comete, per gli spazi interstellari, e, come queste, sono sottomesse all'azione degli astri vicino a cui passano, seguendo un cammino assai complicato e passando di sistema in sistema. Qualcuna di queste nubi passerà senza dubbio vicino al nostro sole, ed entrata nella sfera d'attrazione del medesimo, penetra nel nostro sistema planetario. Che cosa avverrà in tal caso? Lo Schiaparelli risolve col calcolo questa questione, e trova che la nube si allungherà in modo da passare intorno al sole sotto forma di corrente parabolica perfettamente stabile; ed allora po-

trà essere incontrata dalla terra nel suo movimento annuo, e darà luogo ad una pioggia di meteore divergenti da un punto determinato della sfera celeste. Queste correnti sono assai larghe, ma la loro lunghezza può e deve in generale essere assai più grande; esse perciò possono impiegare centinaia e migliaia di anni a passare pel periolio, ed essere, per conseguenza, incontrate tutti gli anni dalla terra quando trovasi nel punto dello spazio occupato dalla corrente. Se questa è continua, cioè se la polvere cosmica occupa tutta la lunghezza della corrente, allora potrà essere veduta da noi per moltissimi anni consecutivi, come avviene riguardo alle stelle periodiche di agosto; se poi non è continua, o non è ancora divenuta tale, si vedrà solamente ad intervalli più o meno periodici, come pare che accada per gli altri gruppi meteorici, di cui abbiamo innanzi parlato, o sopratutto poi pel gruppo di novembre. Siffatte correnti, nel ritornare agli spazi d'onde erano venute, si trasformano e si disperdono in mille modi; alcune però per circostanze particolari possono anche, come le comete, poco per volta trasformarsi in anelli ellittici, e ciò appunto pare che avvenga per le meteore di novembre.

» Questa teoria era stata esposta dallo Schiaparelli e dal medesimo confermata con solidi ragionamenti e con calcoli rigorosi, quando una circostanza inaspettata ed al tutto nuova in astronomia la venne a confermare nel modo il più solenne. Se è vero che le stelle cadenti e le comete non sono che modificazioni della stessa materia cosmica aggirantesi per gli spazi celesti, vi potranno essere dei sistemi misti di asteroidi e di comete, dei sistemi cioè, nei quali uno sciame di asteroidi sia aggruppato intorno ad uno o due nodi più voluminosi, intorno ad una o più comete. Ora se questo sistema esiste, allorchè è sottomesso all'attrazione del sole, la parabola descritta dal corpo o dai corpi principali dovrà essere poco differente da quella che descrive la corrente di asteroidi. Quindi se si giungerà a trovare che la parabola descritta da una corrente parabolica sia identica, in grandezza e posizione, con quella di una cometa, si sarà provata l'esistenza di un sistema

misto di asteroidi e di comete, perchè, in tal caso, è evidente che la cometa fa parte della corrente in questione. Lo Schiaparelli, guidato da queste idee, calcolò l' orbita degli asteroidi di agosto, e riconobbe con sorpresa che questa concorda quasi esattamente con quella della gran cometa di agosto del 1862 calcolata da Oppolzer di Vienna. Di più lo stesso Schiaparelli ed il Peters, figlio dell' illustre direttore dell' Osservatorio di Altona, hanno trovato che la cometa I del 1866 ha la stessa orbita che le meteore di novembre. Quindi non vi può essere più dubbio: le due correnti di agosto e di novembre hanno ciascuna la loro cometa, che può perciò riguardarsi come uno dei maggiori elementi della corrente.

» Il sig. Edmondo Weiss ha proseguito gli studi dello Schiaparelli sopra altri sistemi di asteroidi meglio conosciuti, ed ha rinvenuto che le tre correnti del 20 aprile, del 28 novembre e del 30 dicembre, sembrano avere ciascuna la propria cometa periodica. Alla corrente di aprile corrisponderebbe la cometa I 1861 (come trovò anche Galle, direttore dell' Osservatorio di Breslau, e come aveva sospettato lo stesso Schiaparelli); a quella di novembre la cometa di Gambart, ed all' altra di dicembre la cometa IV 1819. Anche per altre cinque correnti meteoriche il Weiss avrebbe ritrovato le corrispondenti comete, non però ancora riconosciute come periodiche; ed un' altra cometa avrebbe pure trovato per la corrente di agosto, oltre quella di già indicata: questa sarebbe la cometa II 1852. Altri astronomi si occupano di ricerche consimili, le quali potranno arrecare grandissima luce a questo ramo della fisica celeste (1).

» Si potrebbe quindi conchiudere collo Schiaparelli, che tutti questi fiumi cosmici non derivano che dalla dissoluzione dei corpi

» (1) Il Weiss crede probabile che la celebre cometa di Biela sia quella che corrisponde al sistema d' asteroidi del 28 novembre. Ora il Bruhns, studiando per iscoprire dei rapporti tra la nota divisione di questa cometa in due ed il suo passaggio attraverso lo sciame annulare del 13 novembre, è pervenuto ad una conclusione che sarebbe del più grande interesse se fosse confermata. Egli ha trovato che quest'astro all'epoca in cui si constatò la sua scissura, che fu il 1°

cometari; ovvero che le comete non siano già un corpo unico, ma risultino dal complesso di corpi sommamente piccoli e numerosi, attaccati ad un nodo principale, che è precisamente l'ipotesi ammessa dal Chladni fino dal 1819.

» La teoria dello Schiaparelli resta adunque mirabilmente confermata, ed il nome di questo illustre astronomo non potrà più da essa separarsi. Potranno certamente altri dotti contribuire a terminarla e perfezionarla: così il Leverrier pretende dimostrare che l'azione perturbatrice di Urano sia quella che abbia fissato definitivamente intorno al sole l'anello di novembre, rendendo la sua orbita ellittica; lo Schiaparelli invece vuole che quest'azione perturbatrice si debba a Giove od a Saturno. Sono queste questioni secondarie, che si risolveranno col tempo. L'essenziale si era d'incominciare, e di mostrare con un primo esempio l'identità d'origine delle stelle cadenti e delle comete; e di ciò la gloria si riflette tutta sul direttore dell'Osservatorio milanese.

» Come complemento della esposta teoria dello Schiaparelli, ci piace aggiungere alcune idee che il ch. P. Serpieri, direttore dell'Osservatorio di Urbino, espose in una lettera da lui diretta al P. Secchi il 28 febbraio di quest'anno, e che poi ampliò in una memoria letta il 6 aprile all'Accademia di Urbino. Queste idee non sono nella sostanza guari dissimili da quelle esposte dal Faye ne' *Comptes Rendus*, 18 marzo 1867. Ecco come si esprime il P. Serpieri:

» . . . . . Le code cometarie abbandonate per gli spazi, o le
» nuvole cosmiche distese in lunghe catene sulle loro linee orbi-
» tali, sarebbero una corrente di innumerevoli nebulosità fornite
» tutte quante di lievi masse centrali più condensate, quasi minime

giorno del 1846, si trovava assai vicino o forse anche dentro l'anello suddetto. Quindi è che se si conferma l'ipotesi di Weiss, che cioè la stessa cometa di Biela faceva parte dell'altro sciame del 28 novembre, questa cometa apparterrebbe simultaneamente ai due sistemi d'asteroidi del 13 o del 28 novembre; e per tal guisa si sarebbe scoperto per la prima volta il fatto della intersezione scambievole di due anelli meteorici ».

» comete di larghe e rapidissime capellature, tutte fra loro intrec-
» ciate e connesse ».

« Snpposta tale continuità nella corrente cosmica di Schiaparelli
» e l' esistenza di nuclei rudimentali, come lievi fiocchi di una
» cristallizzazione incipiente, che dovrà egli avvenire all' incontro
» di quelle nebbie sottilissime colla nostra atmosfera? Esse per
» un momento si arresteranno: poi molti seni si apriranno qua e
» là per l' atmosfera dinanzi alle onde più potenti, perchè più
» ricche di massa: scenderanno vari flutti di materie in forma di
» larghi rivi: ogni nucleo ed ogni gruppo di nuclei insieme con-
» giunti si approprierà i dispersi materiali che trova snlla via:
» si formerà un corpo sempre più voluminoso e più pesante: si
» accenderà la stella cadente, che getta all' intorno il proprio
» fuoco, e aduna pure ed accende le diverse polveri che incontra ».

« Così la materia delle stelle cadenti viene dal difuori, ma si
» coagula, si compone, prende corpo e forma di stella nell' at-
» mosfera. La nuvola cosmica arreca i germi delle filanti, ma la
» loro definitiva composizione ha luogo fra le resistenze del mezzo
» che attraversano ».

« Questa teoria, secondo il Serpieri, mentre serve a collegare le leggi astronòmiche del fenomeno coll' influenza che vi può avere l' atmosfera, dà plausibile spiegazione di molti fatti che accompagnano le pioggie meteoriche, tra i quali la luce insolita che suole accompagnare le straordinarie apparizioni di stelle cadenti ».

Così dunque le stelle cadenti, le quali un secolo fa credevansi prodotti dell'atmosfera, che più tardi furono fatte venire dai vulcani terrestri, poi da quelli della luna, e che negli ultimi anni reputavansi membri del sistema planetario, sono invece derivati dallo spazio stellato, a noi chiamati dalla incessante attrazione solare. E forse questi corpuscoli, di cui una piccolissima porzione soltanto viene a visitare la nostra piccola Terra, alimentano, con la loro continua cadnta, il calore del sole; e sono così il tratto di congiunzione fra il sistema solare nostro e gli innumerevoli altri sistemi stellari, che popolano l'infinito del firmamento.

VI.

Io eccederei i limiti allo scopo mio assegnati se, non pago al dovere che m'incumbeva di accennare queste ardite speculazioni della scienza, volessi diffondermi in maggiori spiegazioni su tale argomento. Passerò invece, qui sul finire, ad alcune altre circostanze più particolarmente degne di nota, che contrassegnano il fenomeno al cui studio è questa lezione consacrata.

Come ho già accennato, tutti i meteoroliti che furono raccolti sulla superficie del nostro globo, si trovarono, immediatamente dopo la loro caduta, possessori di una elevatissima temperatura; si riconobbero anzi in essi traccie evidenti di fusione e persino di volatilizzazione dei più duri o refrattari fra i metalli.

L'infiammarsi di questi corpi (osserva il Padre Secchi) è certamente dovuto alla frizione loro contro l'aria, ch'essi traversano con immensa velocità. Ma la somma rarità dell'atmosfera nelle alte regioni sembrava insufficiente a dare ragione dello svolgimento di tanto calore quanto basti a volatilizzarli e renderli incandescenti. A porgere questa spiegazione è venuto, con una sua ingegnosa teoria, il signor Marsh. Quest'aria dilatata (osserva egli giustamente) trovasi avere una enorme quantità di calore *latente* assorbito appunto nella dilatazione. Risulta infatti dalle esperienze dei Fisici che, quando l'aria è libera, non compressa, i $^5/_7$ del calore comunicatole si impiegano ad alzarne la temperatura, e gli altri $^2/_7$ sono assorbiti nel lavoro meccanico della dilatazione, il che è quanto dire che dei 273 gradi che si richiedono per raddoppiarne il volume, 80° sono assorbiti o, come dicesi, resi latenti. Ora, all'altezza di miglia 3,43 l'aria è già ridotta alla metà della densità che possiede al contatto del suolo; quindi essa avrà 80° di calore latente; e si calcola che, ove giunga ad una densità 128 volte minore, quale è appunto quella che ha l'atmosfera a 21 miglia di altezza, già il calore latente è 10,000 gradi.

Or bone, quando il bolide incontra con velocità planetaria, cioè con una velocità molto maggiore di quella di nna palla lanciata da un cannone, l'atmosfera terrestre, il calore che questa contiene è necessariamente riprodotto nel lavoro della compressione che su di essa esercita il bolide, condensandola enormemente alla sua faccia antorioro. Se una tal compressiono si esercitasse anche sull'aria densa che è alla superficie del mare, basterebbe a svolgervi enorme quantità di luce e di calore. E questa quantità dev'essere molto maggiore negli strati aerei superiori più dilatati, epperciò forniti di un più copioso calore latente. All'altezza di 60 miglia, l'aria è 260,000 volte più rara, e il calorico latente è 20 milioni di gradi; talchè malgrado la bassa temperatura degli spazi planetari, che certo arriva a — 100°, tal caloro deve essere capace di volatilizzare qualnnque metallo.

VII.

Oltre ai bolidi propriamente detti ed ai meteoroliti, consistenti in pietre sufficientemente voluminose, si videro talvolta cadere snlla terra materie pulverulente, alle quali i Fisici assegnano pur'anco oggidì nna origine cosmica ed extraterrestre.

Arago ha raccolto nella sua *Astronomia popolare* un gran numero di esempi di coteste pioggie meteoriche. Citerò (fra le tante) la cadnta di una materia rosso-nerastra, verificatasi a Verde nel regno di Annover, accompagnata da nn globo di fuoco e da detonazioni. Quella materia abbruciava il legno, sn cui precipitava. Il 14 marzo del 1813 videsi cadere in Calabria, in Toscana e nel Friuli. una polvere rossa, udendosi simnltaneamente nn gran fragore; ed il prof. Sementini trovò in molti campioni di qnelle polveri la composizione chimica ordinaria degli areoliti. Nel novembre del 1819 a Montreal nel Canadà e nella parte settentrionale degli Stati Uniti, cadde pioggia e nevo di nero coloro. Il capitano Callom si trovava nell'Oceano Indiano, a mezzodì di Giava, quando una

pioggia di piccole pietre finissime cadde subitamente sulla tolda della sua nave. Egli ne raccolse molti frammenti, ed il comandante Maury, cui li rimise al suo ritorno in America, li spedì al professore Ebrenberg; il quale, con l'aiuto di un possente microscopio, riconobbe che la materia di quei frammenti era stata precedentemente liquida, e che erasi consolidata durante la sua caduta. Essa presentava una somiglianza completa coi residui della combustione di un filo d'acciaio, abbruciato in un vaso pieno di ossigeno; il che trae a considerare i frammenti come gocciole provenienti dalla superficie incandescente di un areolito, ch'era passato al di sopra del bastimento.

Accennerò ancora ad un singolare fenomeno, che si collega con quelli che siam venuti fin qui esaminando. Il disco del sole si oscura talvolta momentaneamente, e la sua luce si affievolisce, a segno di permettere la visione delle stelle in pien meriggio. Un fenomeno di questo genere, che non può spiegarsi nè con nebbie nè con ceneri vulcaniche, si avverò nell'anno 1547, all'epoca della fatale battaglia di Mühlberg, in cui l'elettore Gian-Federico di Sassonia fu sconfitto dai veterani di Carlo V, e durò tre giorni. Keplero volle cercarne la spiegazione, dapprima, nella interposizione d'una ch'ei chiamò *materia cometica*, poi in una nera nube, formata da sostanze fuliginose uscite dal corpo stesso del sole. Ma dopo che si è scoperta la legge di periodicità delle stelle cadenti, si riconobbe, nelle epoche critiche della loro apparizione, una notevole coincidenza coi fenomeni solari, che vengo ora appunto accennando. E più recentemente ancora il dottore Mayer di Heilbronn ha emesso (siccome ho già indicato) l' ipotesi che il calore e la luce che emette l'astro fiammeggiante, sieno mantenuti dalla perpetua caduta di asteroidi, di comete e di meteoriti, che vanno ad alimentare l'eterna fornace. Chiunque ha vissuto nella vegetale zona dei palmizi, conserverà per tutta la vita il dolce ricordo di una piramide di luce che rischiara una parte delle belle notti dei tropici. È quella la cosidetta *Luce zodiacale*, sulla cui natura tanto a lungo disputarono astronomi o filosofi, e che (se-

condo una ardita teoria di Humboldt) altro non sarebbe fuorchè un immenso ammasso di materia cosmica, circolante negli spazi celesti, e dal quale si staccherebbero appunto, sotto l'influenza di ignote cagioni, le masse meteoriche, una piccola parte delle quali viene talvolta a visitare la nostra terra.

Io non doveva passare sotto silenzio queste nobili e sublimi speculazioni della scienza moderna, mercè delle quali la Fisica del globo assume uno dei più elevati gradi nell'ordine delle discipline comprese nell'albero enciclopedico.

E qui, sul finire, io non voglio defraudare i miei Uditori di alcune belle osservazioni che l' ultima pioggia di stelle meteoriche del caduto Novembre ha suggerito al non mai troppo lodato P. Secchi: « Non potremmo noi (dice egli) chiamare cogli antichi queste pietre *uranoliti*, anzichè *areoliti*? Quest' ultima parola esprime una idea teorica erronea, che cioè siano fatte nell'aria, mentre vengono realmente dal di fuori, dal *cielo*, e quindi il primo nome è più a proposito.

« Se non che, una obbiezione corre facilmente alla lingua di molti: se areoliti e stelle cadenti sono la stessa cosa, come avviene che non abbiamo pioggie di pietre nelle famose nottate del novembre e dell'agosto, ove le stelle cadenti sono sì copiose? La risposta è doppia: la prima è che non ogni stella cadente può essere sì gran massa, da equivalere a una pietra: anzi la sua natura può esser molto minuta, sottile, polverosa ed accendibile al mero contatto dell'ossigeno atmosferico, e pochi grammi bastar possono alla luce che dà. Ma una più conclusiva risposta si dà dal sig. prof. Schiaparelli. Osserva esso che non tutte le meteore o uranoliti cadendo in terra possono avere la stessa velocità, ma che se cadono dal lato ove la terra è diretta col suo moto annuo, avranno circa 72 $^1/_2$ chilometri per secondo di velocità: se cadono dal lato opposto, potranno averne solo 16 $^1/_2$. Ora, tal differenza fa che nel primo caso la materia potrà volatilizzarsi per l'enorme attrito contro l'aria, ma nel secondo non potrà, e cadrà in istato solido.

« Una conferma a tale spiegazione si ha dalla statistica delle stelle cadenti e degli areoliti. Le più famose pioggie di stelle, partono proprio dal pnnto di cielo vicino alla direzione della terra, detto l'*apice* di traslaziono, e avvongono di notte. Gli areoliti invece si trovano più frequentemente essere cadnti di giorno, in direzione opposta, ove corrisponde la piccola velocità, incapace a volatilizzarli. Stante questo, dobbiamo esser bene obbligati all'atmosfera che ci protegge da qnesta artiglieria uranica, di potenza ben più vigorosa che la moderna rigata. E siccome la luna è priva di atmosfera, non è difficile a credere che gran numero do' suoi piccoli crateri, che paiono piccole pozze fatte da un sasso lanciato in materia molle, siano effetto di questi nranoliti.

« Del resto, immensa deve essere la varietà dei corpi che formano questi sciami meteorici, e la trovata analogia colle comote ce la fa congetturare: giacchè qneste sono svariatissime, o mentre alcune hanno presentato piccoli dischi planetari, altre hanno mostrato dischi sterminati, composti di innnmerabili piccoli nucleetti, ciascuno dei quali potrebbe compararsi ad una stella cadente. Così sono pnre spiegate certe misteriose apparizioni di corpi, che si son veduti come comete attraversare la sfera celeste in tempo di poche ore, e talora in pochi minuti. Erano essi ammassi di corpuscoli che se fossero passati più lontani dalla terra, avrebbero formata una vera cometa, e se fossero venuti a contatto della sna atmosfera, avrebbero fatto una pioggia meteorica.

« Lo spazio planetario si trova così inaspettatamente popolato di miriadi di corpnscoli, che non aspettavamo di trovare nel gran vuoto, e la cui copia va sempre riconoscendosi maggiore, a mano a mano che si studia l'immensa opera della creazione ».

LEZIONE XXIII.

Riazione dell' Interno sulle parti esterne del Globo e Fenomeni della Vulcanicità

—

SOMMARIO.

Correlazione reciproca dei fenomeni, coi quali si manifesta la riazione delle parti interne sulle esterne del globo. — Terremoti. — Varie specie di vibrazioni. — Sismometro. — Fenomeni concomitanti i terremoti. — Emanazioni gazose. — Fonti Termali. — Linee isogeotermiche. — Emanazioni liquide. — Petrolio. — Fuochi fatui. — Fontane ardenti. — La Vulcanicità. — Altezza dei vulcani. — Intermittenza delle eruzioni. — Distribuzione geografica dei vulcani. — Materie eruttate. — Formazione dei coni vulcanici. — Connessità di tutti i fenomeni vulcanici. — Le cause attuali.

I.

Signori,

Non è per certo uno dei meno notevoli nè dei meno caratteristici progressi della moderna Fisica del globo, quello di avere posta in chiaro l' intima correlazione che passa fra un grandissimo numero di fenomeni, un dì creduti privi di nesso alcuno fra loro e dipendenti da arcane ed ignote e sopratutto intrinsecamente diverse cagioni. — Non è più oggimai a vane e gratuite ipotesi, che la scienza è costretta a domandare spiegazione dei terremoti, delle emissioni gazose, delle sorgenti termali, e delle eruzioni vulcaniche. Nella vasta economia della Natura, tutte queste modalità

che appariscono alla superficie del globo, si riannettono ad una sola ed identica causa, e si confondono in un unico concetto, quello, cioè, della *riazione che le parti interne di un pianeta esercitano contro le sue parti esteriori.*

E, per fermo, sia che, partendo dal fatto sperimentale del regolare aumento di temperatura in ragione di un grado centigrado ad ogni tronco di 33 metri circa di discesa nelle viscere della terra, si ammotta, con la scuola di E. di Beaumont, l'esistenza del fuoco centrale, che tutta intera occuperebbe la massa del globo soggiacente alla sottile crosta esteriore; sia, invece, che (come a noi sembra più razionale e più conforme allo spirito della guardinga e prudente scienza moderna) senza innalzarsi ad una così generale teoria, si accetti l'opinione della scuola di Carlo Lyell, secondo la quale si devono supporre sparse, nell'interno dello sferoide terrestre, varie separate cavità, contenenti materie in fusione ed in incandescenza; — rimane però, tanto nell'uno quanto nell'altro caso, indubitabile che a queste materie medesime, ai gaz sommamente elastici che ne esalano, alla pressione loro potentissima sulle pareti che le rinserrano, fa d'uopo attribuire la causa comune di tutti quei fenomeni, alla descrizione dei quali sarà consacrato appunto questo nostro trattenimento.

E, per cominciare da quelli fra siffatti fenomeni, che hanno una indole essenzialmente dinamica, noi piglieremo le mosse dal complesso di movimenti tellurici, che vien designato col generico nome di *Terremoto.*

Avvezzi alla relativa stabilità delle nostre fortunate regioni, noi duriamo una certa fatica a credere che le rovinose vibrazioni del terremoto siano, nel tutt'insieme del terrestre pianeta, avvenimenti tutt'altro che rari e straordinari. Se noi potessimo avere contezza del quotidiano stato di tutta la superficie del globo, saremmo ben tosto convinti (dice l'Humboldt) che questa superficie medesima è sempre o senza posa agitata da scosse in qualcheduno de' suoi punti, e che incessantemente essa va soggetta alla riazione della massa interiore.

Fra tutti i fenomeni naturali che incutono terrore all'uomo, nessuno è più pauroso del terremoto. Già, fra gli Antichi, Seneca aveva osservato come, tra i flagelli che minacciano la umana vita, questo sia il più irreparabile. Dalle procelle (dicea quel filosofo) ci salvano i porti; dai temporali i tetti, dagli incendi la fuga, dai fulmini le profonde caverne (oggi menzionerebbe un ben altro riparo), dalle pestilenze il mutar luogo; non c'è male senza scampo, ad eccezione del terremoto, male irremediabile, che non ad una sola casa, o famiglia, o città è cagion di rovina, ma a molte genti, a vasta tratta di paese.

E non è già soltanto la subitanea rimembranza delle passate catastrofi, che atterrisce al sopravvenire improvviso di un terremoto; ma (come osserva l'illustre autore del *Cosmos*) è il perdere che noi facciamo, in un atimo, ogni fede nella stabilità in ciò che sempre abbiamo considerato siccome d'ogni altra cosa la più stabile, il suolo che ci sta sotto ai piedi. Carlo Darwin, che nel 1835 presenziò il formidabile terremoto da cui fu sconvolto il Chill, confessa (e non è egli certamente l'uomo dalle facili paure) di aver provato appunto questo sentimento; perchè (dice egli) un secondo di tempo crea nella mente una strana idea di manco di sicurezza, che ore ed ore di riflessione non avrebbero potuto ingenerare. Nè solo l'uomo, ma gli animali risentono la mortale angoscia, i cani sovratutto, i cavalli ed i maiali; i coccodrilli dell'Orenoco, torpidi e muti, per ordinario, come le nostre lucertole, fuggono atterriti dallo scosso letto del fiume, e cercano mugolando un rifugio nella vicina e profonda foresta.

II.

Il terremoto si può definire, se pure è qui bisogno di una definizione, un movimento istantaneo e passeggero del suolo, prodotto da cagioni sotterranee.

Le oscillazioni, che si succedono e si ripetono a brevi intervalli, sono *orizzontali, verticali* o *circolatorie*. Le due prime specie di scosse sono sovente simultanee, e qualche volta l'azione verticale dal basso in alto è abbastanza potente, da produrre tutti gli effetti della esplosione di una mina. A Riobamba nel 1797, i cadaveri di un gran numero di abitanti furono lanciati, al di là di un torrente, sulla collina della Culca, alta parecchie centinaia di piedi. D'ordinario, la scossa si propaga in linea retta o ondulata, nella ragione di 4 o 5 miriametri per minuto; talvolta essa si stende nella maniera delle onde, formando circoli di commozione, nei quali le scosse propagansi dal centro alla periferia, ma diminuendo d'intensità. Allorchè due o più circoli di commozione vengono ad intersecarsi, ne risultano parecchi sistemi di onde, i quali o si sovrappongono, come nei liquidi, senza perturbarsi scambievolmente, o si neutralizzano reciprocamente, dando luogo ad *interferenze*, simili a quelle che l'acustica ci rivela nelle onde sonore e l'ottica nelle onde luminose. La scienza ha immaginato vari strumenti per riconoscere e misurare le onde dei terremoti. Il più semplice è il *Sismometro* inventato a Palermo dal Prof. Cacciatore: esso consiste in un recipiente di forma emisferica, nel fondo del quale si mette una certa quantità di mercurio; otto, sedici ed anche trentadue orifizi equidistanti si aprono pochi centimetri sopra il livello del mercurio, e corrispondono ad altrettanti canaletti, che si terminano ciascuno in un bicchiere. Si orientano gli orifizi in modo, che due degli orifizi opposti corrispondano al meridiano terrestre del luogo, ove si fa l'osservazione; e allora, se succede una scossa ondulatoria, parte del mercurio è cacciata in due bicchieri opposti, che indicano la direzione della scossa, mentre la quantità del mercurio versato può indicarne la forza relativa. Se tutti contemporaneamente gli orifizi versano mercurio, la scossa fu verticale.

Vastissima è spesso la sfera di azione, sulla quale un terremoto si propaga. Quello che ha distrutto Lisbona il 1° novembre 1755, fecesi contemporaneamente sentire nelle Alpi, in Svezia, nelle Antille, nel Canadà, e nelle paludi litorane del Baltico. Lontani

fiumi furono deviati dal loro corso, fenomeno già segnalato nell' antichità da Demetrio di Callazia; le sorgenti termali di Toeplitz si inaridirono repentinamente, indi ricomparvero colorate in nero; a Cadice le acque del mare si alzarono a 20 metri sull'ordinario livello; e nelle piccole Antille (ove la marea non ha, per consueto, più di 70 o 75 centimetri) i flutti, neri come l' inchiostro, si sollevarono a più di 7 metri. Si calcolò che le scosse, in quella fatale giornata, furono sentite sopra una superficie quattro volte più grande dell' Europa.

Nessuna forza di distruzione (neppure i fucili e le artiglierie di Austerlitz o di Sadowa) può, in sì breve ora, annientare tante vite, quante ne sperde, in un istante, il terremoto. In pochi secondi, sessanta mila persone furono sepolte sotto le rovine in Sicilia, nell' anno 1693; quarantamila a Riobamba, nel 1797; 200/m. nell' Asia Minore ed in Siria sotto Tiberio e sotto Giustino il Vecchio, negli anni 19 e 526 dell' èra volgare.

Un terremoto non suole eccedere in durata pochi secondi; e il complesso delle succedentisi scosse, pochissimi minuti. Si citano però rarissimi esempi di più lunga durata. Nel violento terremoto americano del 1827, il celebre Sig. Boussingault, seduto con un cronometro in mano, sfidò impavido la meteora, e contò i colpi regolari del sotterraneo tuono, che si protrasse per sei minuti. La sicurezza del dotto viaggiatore derivava dacchè la sua casa era di legno e coperta di paglia. La scossa principale è d'ordinario succeduta, durante più giorni, da agitazioni più deboli. Non è raro il vedere, nella catena delle Ande nell' America meridionale, protrarsi senza interruzione le scosse per molti giorni. Talvolta (e questo accade in luoghi lontani da qualunque vulcano attivo) si ebbero terremoti che si prolungarono, ripetendosi quasi ad ogni ora, per mesi e mesi. Ciò avvenne sul versante orientale del Cenisio, dopo l' aprile del 1808; negli Stati Uniti d' America, a nord di Cincinnati, nel dicembre 1811 e nell' inverno intero del 1812; infine, nel pascialico di Aleppo, nell' agosto o nel settembre 1822.

III.

È egli vero che (come da taluni si crede) abbiavi un qualche segno certo e costante, che preceda i terremoti e ne sia indizio sicuro?

In Italia, è assai comune opinione che una certa calma dell'atmosfera, un'afa soffocante, un orizzonte carico di vapori, siano precursori del pauroso fenomeno; ed il loro complesso si chiama dal popolo *aria di terremoto*. È questo un errore, contraddetto dall'esperienza di tutti gli osservatori che soggiornarono nelle contrade, quali Cumana, Quito, il Perù ed il Chili, dove il suolo è sovente agitato da violente scosse.

Un altro indizio si pretese di ritrarre di terremoto vicino dallo straordinario agitarsi del pollame e di altri animali domestici. Il Prof. Poli, nella sua Memoria sul terremoto del 26 luglio 1803, cita esempi ripetuti di questa supposta prescienza delle bestie, alla quale però sembra non potersi accordare una grande e sicura fiducia.

Sovente, alcuni minuti secondi prima che il suolo si muova, si fa sentire un sotterraneo rumore, che i nostri vulcanisti italiani appellano *Boato*, simile a quello di più possenti carra scorrenti sopra un ponte selciato. Ma non sempre però il rombo è seguito da terremoto. Dal 9 gennaio al 12 febbraio 1784, la ricca e popolosa città di Guanaxuato nel Messico fu spaventata quasi continuamente da quel sinistro strepito, senza che scossa alcuna avvenisse. Nell'altipiano di Quito, questi cupi frastuoni, colà chiamati *bramidos*, sono un fenomeno abituale, seguito da leggiere scosse, delle quali i Peruviani non si inquietano menomamente. Per contro, fieri terremoti avvennero, senza essere preceduti dal fatidico rumore. A Lisbona, nel 1755, la prima scossa giunse improvvisa affatto, alle 9 e 40 minuti del mattino, mentre gli abitanti erano affollati nelle chiese, sotto le cui macerie seppellì in un baleno 30/m. vite.

Da molti si è creduto osservare una stretta connessione fra i terremoti e lo stato meteorologico dell' atmosfera, e specialmente le pioggie. In una parte della *Narrazione Personale* del suo celebre viaggio, Humboldt afferma che sarebbe difficile a chiunque abbia a lungo soggiornato nella Nuova Andalusia o nel Basso Perù, il negare che esista qualche relazione fra questi fenomeni; in una altra parte, però, egli sembra dichiarare illusoria questa coincidenza. È comune opinione a Guayaquil che una dirotta pioggia, nella stagione asciutta, sia invariabilmente seguita da terremoto. Nel Chili settentrionale, questa coincidenza è invece molto dubbia; a Coquimbo però ed a Copiapo, il popolo ritiene che la pioggia, invece di precedere i terremoti, spesso li segua. Sembra piuttosto difficile lo ammettere tra i due fenomeni una relazione come da causa ad effetto, e probabilmente non trattasi qui che di uno dei soliti casi di *post hoc, ergo propter hoc*. Forse è giusto il concetto emesso dal Sig. Scrope, che cioè, quando il barometro è basso, e quando vi ha molta probabilità di prossima pioggia, la diminuita pressione dell' atmosfera, sopra una vasta estensione di paese, possa benissimo determinare il preciso momento nel quale la terra, già scossa d'altronde dalle sotterranee forze, ceda e tremi. Darwin, senza rispingere questa ipotesi, fa osservare però che essa non ispiega punto la circostanza di torrenti di pioggia caduti nella stagione asciutta durante parecchi giorni, dopo un terremoto; circostanza ch' egli vide frequentemente avverarsi nel Chili, e la quale tenderebbe a far sospettare qualche più intima connessione fra le regioni atmosferiche e le sotterranee.

Nel 1834 il Professore Merian, avendo classificato, giusta l'ordine della loro ripartizione nelle diverse stagioni dell' anno, 118 terremoti accaduti a Basilea e ne' luoghi circostanti, riconobbe (contrariamente ad una assai volgare opinione) che quei fenomeni sono molto più frequenti nell' inverno, che nella state; osservazione la quale, contraddetta dapprima, venne poscia recata fuor d'ogni dubbio dai profondi e perseveranti studi di Alessio Perrey e di Otto Volger. Le 656 scosse enumerate in Francia, fino all' anno

1845, si sono ripartite nella proporzione da 3 a 2 rispettivamente, pel semestre che comincia in novembre, e per quello che in maggio ha principio. Più grande è ancora la distanza tra i due periodi nella storia dei terremoti della regione alpina, dove le scosse sono *tre volte* più numerose nel semestre freddo, che nel caldo. In Italia, la differenza è minore; poichè su 984 terremoti, 453 furono estivi (da aprile a settembre) 531 jemali (da ottobre a marzo). Otto Volger ricorda come, nella regione mediana del Vallese, sopra un totale numero di 98 terremoti conosciuti, uno solo abbia avuto luogo in estate, 72 in inverno, e gli altri nelle intermedie stagioni. La proporzione è presso a poco eguale nella regione seismica di Hohensax, sulle meridionali pendici del Säntis, non lungi dall' antica biforcazione del Reno.

Non meno singolare della legge dell' *annuale* distribuzione, è quella del riparto *diurno* dei terremoti. Si è osservato ch' essi sono molto più frequenti di notte, che di giorno. In Isvizzera, su 502 terremoti la cui ora è conosciuta, 182 soltanto si verificarono nell' intervallo tra le 6 ore mattutine e le 6 della sera; 320 (vale a dire quasi il doppio) furono segnalati durante la notte.

Nel corso di quest' opera, e segnatamente allorchè io trattava della termometria, delle pressioni barometriche, dell' anemometria, del magnetismo terrestre, mi occorse più volte di farvi osservare, o Signori, come ciascun periodo diurno sia da considerarsi (per le sue temperature, le sue pioggie e tutti i suoi fenomeni meteorologici) siccome un piccolo riassunto del periodo annuale. Il mezzogiorno e le ore immediatamente contigue sono la state; la mezzanotte e le ore vicine sono l' inverno di ogni giornata.

Ed ecco ora, Signori, la storia dei terremoti porgerci una novella conferma di questa osservazione, e darci ancora una prova di quella grande teoria, alla cui dimostrazione tutto questo mio Corso è consacrato: che, cioè, *Una e semplicissima è nelle sue leggi la Natura, tuttocchè svariatissima ne' suoi fenomeni.*

Noterò, infine, come le più moderne indagini della scienza abbiano provato che sui movimenti del suolo esercitano una certa influenza

le fasi lunari. Come l' Oceano, ha la Terra anch' essa le sue maree. La frequenza dei terremoti aumenta, come l' altezza del flusso, verso l' epoca delle sisigie; cresce, quando la luna si accosta alla terra; scema, allorchè il nostro satellite si allontana. Aveva dunque ragione il Sig. Boscovitz, quando sclamava: un incessante scambio di forze e d' influenze lega insieme il nostro pianeta e gli astri, i qnali, come lui, abitano gli spazii eterei!

È oggimai dimostrato, contro ciò che si credeva per l' addietro, che non vi ha qualità di terreno, la quale vada immune dai terremoti. Le terre paludose e recenti della Olanda e della Pomerania furono anch' esse agitate e sconvolte, come le rocce del granito primitivo. È però vero bensì che gli effetti delle scosse si fanno sentire con maggiore o minore intensità, a seconda delle qualità dei terreni: in generale, sono meno devastatori i terremoti nelle pianure che nei monti; e fra questi, sono più soggetti a rovina i monti formati di rocce friabili e poco consistenti.

Uno de' fenomeni più notevoli e, nelle loro conseguenze, più formidabili, i quali sogliono, nelle regioni litorane, andare concomitanti al terremoto, è lo scuotimento e la propagazione di grandi e straordinarie onde marine. L'acqua, infatti, più mobile del suolo, deve necessariamente trasmettere le ondulazioni più facilmente ed a più grandi distanze. Durante il memorando terremoto di Lisbona del 1.° di Novembre 1755, si formò alla foce del Tago, una liquida muraglia, alta 17 metri, la quale, respinta nel fiume, colmò tutto l' estuario, presso cui siede quella superba metropoli, risalì nella città e andò a frangersi di contro alle case. A Cadice la terribile ondata cagionò rovine più gravi di quelle prodotte dal terremoto stesso. Il contraccolpo fu con estrema veemenza sentito dal mare sulle coste di Madera, da una parte, e, dall' altra, su quelle della Olanda, alle foci dell' Elba, sui lidi di Danimarca e di Norvegia, non che su tutto il contorno delle Isole Britanniche. Le ondulazioni dell' immane flutto, variamente modificate dalla azione delle correnti e della marea, accorsero ad urtare violentemente le rive persino del Nuovo-Mondo: alle Barbade, nella Martinica, ove

il flusso di marea non eccede giammai 72 centimetri, il maroso scagliato dal terremoto del continente di qua dell'Atlantico, si alzò a 4, 5 e sino a 6 metri. Talchè l'onda del *Maremoto* erasi propagata a più di 6,000 chilometri in retta linea. Nel 1854, durante il terremoto di Simoda, l'onda, che venne a flagellare le coste di California, avea percorso 4000 chilometri, tragittando nella sua larghezza il Pacifico. Carlo Darwin, che fu, come già dissi, spettatore del terremoto del 1835 nel Chili, narra, nella sua bella relazione del viaggio del *Beagle (Journal of Researches into the Natural History and Geology),* come subito dopo la terrestre scossa, una grossa onda fosse veduta dalla distanza di tre o quattro miglia, accostarsi lentamente alla riva, seguita poscia da due altri spumeggianti marosi, alti più di 23 piedi sul massimo livello della marea. Un bastimento fu lanciato in mezzo alle ruine, 200 jarde entro terra. Un altro fu successivamente portato sulla riva, e riasportato nel mare. Due grossi vascelli, ancorati vicino l'uno all'altro, vennero turbinati per modo, che le gomene furono con tre giri ravvolte attorno alle due navi; e benchè le àncore pescassero a 36 piedi, i due vascelli rimasero per un istante all'asciutto. La possente ondata era venuta con sì grande lentezza, che gli abitanti di Talcahuano ebbero tempo di rifugiarsi sulle colline, a tergo della città.

Nel 1783, nell'istante in cui la tremenda scossa delle Calabrie rovinava le città ed i villaggi sul nostro continente, una spaventosa ondata, dopo avere spazzato via in un attimo 2000 persone, riunite sulla spiaggia di Scilla, si precipitò nel porto di Messina, gettando a picco tutte le navi ancoratevi, e andò a frangersi sulle facciate dei palazzi, che caddero in frantumi, sotterrando più di 12000 persone.

Il 7 giugno 1692, il terremoto della Giamaica sollevò un'onda, la quale assalì la città di Porto-Reale, in cui 2500 case si trovarono, in meno di tre minuti, coperte da una falda d'acqua alta dieci metri; le navi vennero sbalestrate qua e là nelle campagne, e la fregata *Swan* andò a rovesciarsi sopra un tetto.

La greca Mitologia avea dunque ragione di attribuire le vibrazioni della terra non soltanto a Plutone, « lo scuotitore del mondo », ma eziandio a Nettuno, « l'agitatore dei flutti »!

Il popolo, che, in generale, non ha che idee molto meschine sui grandi fenomeni della Natura, suole attribuire i terremoti a cause prettamente locali e residenti nella superficie od anco nell'atmosfera. È singolare però come l'istinto abbia assai spesso mostrato anche al volgo l'intima connessione che questi disastri hanno con le forze vulcaniche ed eruttivo. A Carlo Darwin gli abitanti di Concepcion dicevano che il terremoto del 1835, da cui fu devastato il Chili, era avvenuto, perchè una donna indiana, volendosi vendicare di non so quale offesa, avea turato la bocca di un vicino vulcano. Ora, chiunque rianderà la storia di quel terremoto e di altri che frequentemente devastarono l' America meridionale, e ricorderà come le più precise ed autorevoli osservazioni abbiano constatato che, dopo ciascuna di quelle crisi, tutta la costa occidentale del Nuovo Mondo si è alzata di parecchi metri sull'antico livello; chiunque rammenterà la storia del vulcano di Jorullo, il quale, dopo 90 giorni di scosse e di sotterranei tuoni, sorse (dicesi) ad un tratto in mezzo ad una pianura, il 29 settembre 1759, e si alzò a più di 510 metri; chiunque vorrà raffrontare le descrizioni dei terremoti di Calabria, di Lisbona ed altri, con le contemporanee relazioni dei fenomeni vulcanici, non tarderà a convincersi che il popolare istinto ha in questo (come in tanti altri casi) precorso alle spiegazioni della scienza, scorgendo un intimo legame fra le indicate categorie di fenomeni.

I terremoti sono per certo da annoverarsi fra le più possenti di quelle cause attuali, delle quali abbiamo così sovente fatto cenno in questo nostro Corso, per ispiegare i cambiamenti lenti ma irresistibili, che si vanno continuamente operando nelle forme e nella disposizione del nostro globo. L'aspetto dei paesi è sovente mutato da questi paurosi fenomeni, che rovesciano le alte montagne, sollevano a colline il suolo o lo deprimono in valli, lo solcano di larghe fessure, o cambiano il corso dei fiumi. Sono i terremoti

che da anno ad anno finiscono di far crollare le colonne superbe di Palmira e di Balbeck, cui il furore degli uomini aveva risparmiate. È stato osservato che, in generale, le costruzioni gotiche, coi loro archi a sesto acuto, con le loro sporgenti angolosità, coi loro compartimenti a strette vôlte, resistono meglio ai terremoti, che gli edifizi greci. Il dotto e brillante Sig. Babinet presenta in un suo scritto sui terremoti una singolare osservazione matematica relativa ai templi di Sicilia, e segnatamente alle vaste ruine di Selinunte. Per atterrare quegli edifizi (dice egli) e produrre la confusione dei loro ruderi che oggi attrista cotanto il nostro sguardo, la Natura ha dovuto faro un maggior lavoro meccanico di quello che fece l'uomo per estrarre dalla terra i macigni, tagliarli in mura, in colonne, in vôlte e costrurli infine architettonicamente. Che si dirà egli mai degli edifizi, ai quali può applicarsi il famoso emistichio di Lucano:

Etiam periere ruinae?

Egli è principalmente in cospetto dei grandi disastri e delle tremende rivoluzioni cagionate dai terremoti, che la mente ricorre spontanea al malinconico grido del poeta: *Sunt lacrimae rerum, quae mortalia pectora tangunt!*

IV.

I terremoti sono spesso accompagnati da emissioni di acqua, di vapori e di altri prodotti chimici dello interne forze, che animano il nostro pianeta. A questa seconda classe di modificazioni che risultano dall'azione di quelle arcane forze, gioverà dunque rivolgere di presente la nostra attenzione. — Esse sono di due specie: gazeiformi le une; le altre liquide.

Le emanazioni gazose, che le rocce terrestri esalano in molte parti della terra, sono di assai svariata composizione. I più comuni fra quelli effluvii sono di gaz acido carbonico, quasi sempre senza mistura d'azoto; sono inoltre di gaz idrogeno solforato,

più raramente d'acido solforoso e di acido idroclorico; finalmente di gaz idrogeno carbonato, che da migliaia di anni i Cinesi della provincia di Tse-tchuan adoperano nella illuminazione e nello scaldamento, usi ai quali gli applicano pure gli americani di Fredonia nello Stato di Nuova York.

Fig. 104. — Fuoco Fatuo.

Una delle più comuni e delle più popolarmente conosciute esalazioni gazose, ma proveniente non dalle profondità della terra bensì invece dalla superficie, è il *Fuoco Fatuo* (*Fig.* 104).

Si dà, com' è a tutti noto, questo nome ad una fiammella erratica e leggera, prodotta dalle emanazioni di gaz idrogeno fosforato, che si alzano dai luoghi palustri o dai terreni contenenti materie animali o vegetali in decomposizione, specialmente dai cimiteri; fiammelle, che si accendono ad una piccola distanza dal punto d' onde emergono, venendo a contatto con l' ossigeno dell' aria.

Ma ben diverse da queste fuggitive apparizioni (nelle quali la volgare fantasia vede, con arcano senso di terrore, gli spiriti irrequieti dei trapassati), sono le emanazioni gazose, alle quali alludevamo poc' anzi, provenienti dal profondo lavorio delle riazioni chimiche, operantisi nelle rocce che compongono la crosta del pianeta; emanazioni non temporanee, ma continue o aventi lunghi periodi, dotate di proprietà molto caratteristiche, e fornite, generalmente, di un elevato grado di calore.

Tutte queste materie devono la loro temperatura e la loro chimica composizione ai luoghi stessi, dai quali scaturiscono. Ho già accennato la legge, giusta la quale aumenta, con la profondità, la temperatura degli strati terrestri; e le emanazioni gazose che provengono sovente dalle ime viscere del suolo, portano seco il grado di calore, che hanno attinto alle loro sorgenti, come portano del pari i caratteri chimici delle rocce, dalla cui decomposizione risultano.

La stessa osservazione dee farsi circa ai prodotti liquidi, che appariscono alla superficie dall' interno del globo. Il medio calore delle fonti ordinarie di acqua pura è inferiore a quello dell' atmosfera, quando le loro acque discendono dalle altezze montane. Il loro calore aumenta con la profondità degli strati, che attraversano. Le acque provenienti dalle inclinate rocce delle montagne, possono talora mescolarsi a quelle dell' interno della Terra: ne risulta, per conseguenza, che la temperatura delle sorgenti non sempre dà con esattezza la posizione delle cosidétto linee *isogeotermiche*, ossia linee di eguale temperatura interna del globo.

S' incontrano sorgenti termali in qualsivoglia specie di terreni. Dimostrando, nel 1821, che quanto più i pozzi artesiani sono

profondi, tanto più son calde le acque da essi zampillanti, Arago ha perfezionato la teoria delle fonti termali, ed aggiunto il più forte degli argomenti in favore della tesi del progressivo incremento dello temperaturo del globo in ragione delle profondità. Von Bruchmann, nel Wurtemberg, riuscì a scaldare una fabbrica di carta in Heilbronn, con acqua derivata da un profondo pozzo artesiano.

La scienza ha classificato giusta due metodi diversi le sorgenti termali, a seconda che si è appoggiata ad un criterio *geologico*, o ad un criterio *chimico*.

La classificazione geologica è stata proposta dall' illustre Sig. Brongniart, il quale distribuisce le fonti termali giusta la natura del terreno da cui provengono, cioè: 1.°) fonti dei terreni primitivi; 2.°) dei terreni di sedimento inferiori; 3.°) dei terreni di sedimento superiori; 4.°) dei terreni di transizione; 5.°) dei terreni trachitici antichi.

Le classificazioni chimiche sono fondate sulla distinzione delle diverse qualità delle acque termali e delle materie che contengono in soluzione.

Berzelius suppone che le sorgenti saline e gazose derivino dalla filtrazione delle acque atmosferiche fino alla regione dei vulcani. Koferstein le attribuisce anch' egli ad un' azione vulcanica; nell' atto che Bischoff le crede dovute al calore proprio dei profondi strati del globo.

Le sorgenti termali non s' incontrano tutte alla stessa profondità: la temperatura di quelle di Aix in Savoia ribassa notevolmente all' epoca dello squagliamento delle nevi o in seguito a pioggie abbondanti; il che conferma quanto accennavamo poco sopra circa alla difficoltà di dedurre dalla temperatura delle fonti il tracciamento delle linee isogeotermiche.

La temperatura delle sorgenti è affatto indipendente dalla latitudine: trovansene di quasi fredde sotto i tropici, e di bollenti in Islanda ed in Siberia. La termalità loro non segue però rigorosamente le leggi della temperatura terrestre, alle quali alludevamo

poc'anzi, e quali furono stabilite con lo scandaglio e con la trivella artesiana, o colla perforazione delle gallerie di miniera. — Così, per non citare che un esempio, le trivellazioni operate nella ridente vallata dell'Aar hanno mostrato che la fonte iodurata di Wildegg ha un aumento di 1 grado di calore ad ogni 16 metri, nell'atto che l'aumento non è che di 1 grado ad ogni 32 metri nel pozzo di Grenelle.

Nella mia XXVII.ª Lezione darò una tabella delle temperature delle fonti d'acqua potabile comune. Presento or qui un quadro delle temperature di un gran numero di sorgenti termali:

Sorgenti.	Gradi Cent.
Baréges (La Douche)	45
Id. (Palard)	38
Luchon (Bayen)	67
Id. (La Reine)	59
Id. (Le Griffon)	52
Cauterets (Les Oeufs)	56
Id. (César)	50
Id. (La Baillère)	41
Arles	da 26 a 63
Bagnères de Bigorre (Dauphin)	49
Id. Id. (Versailles)	55
Id. Id. (Salut)	32
Ax	82
Vernet	56
Chaudes-Aigues	88
Vichy (Grand-Bassin)	45
Id. (Grande-Grille)	32
Id. (Celestins)	44
Plombières (Grand-Bassin)	70
Id. (Crucifix)	49
Id. (Bourdelille)	45
San-Pedro (Portogallo)	67
Gerez (Id.)	62
Aix (Savoia)	45
Baden (Svizzera)	50
Ficoncella (Civitavecchia)	55
Doccione (Lucca)	54
San Giuliano (Pisa)	42
Gurgitelli	75
Bollente (Acqui)	75
Chin-Chiest (Grecia)	84
Kreznach	49
Homburgs	10

Sorgenti	Gradi Cent.
Wiesbaden	67
Baden-Baden	65
Carlsbad	75
Tœplitz	48
Varie fonti in Siberia	100
Id. nell'Imalaia	100
Schouhon (Tibeto)	88
Yorn-Mack (Cina)	85
Fonte nella Martinica	50
Id. Guadalupa	67
Id. Santa-Lucia	100
Id. S. Domenico	63
Buncombe (Carolina del Sud)	40
Las Trincheras	90
Clichi-Maquillo	96
Valencia	93
Geysers d'Islanda	109 (¹)

La relazione tra le fonti termali e la vulcanicità, è cosa di tutta evidenza. Il terremoto di Lisbona del 1755, fece zampillare la novella sorgente di Neris, nell'atto che quelle di Tœplitz si conturbarono dapprima e poi si fermarono affatto, per far, quindi appresso, irruzione con tale violenza, che i bagni si trovarono ad un tratto sommersi.

Fra tutte le sorgenti termali, che attestano la possanza dei sotterranei fuochi, nessuna è comparabile in Europa allo Sprudel di Carlsbad. Essa è una *furiosa sorgente* (come l'ha chiamata il poeta-novellista Hoffmann) che si slancia con fragore a 2 o 3 metri di altezza sul suolo, a getti impetuosi, simili a quelli che si osservano nel sangue arterioso degli animali, per ricadere poi, come una bella falda di cristallo. Una porzione di quel liquido è utilizzata nella fabbricazione del famoso sale di Carlsbad; ma la massima parte va a perdersi nella Teple, formandovi, in una vasta estensione, un involucro calcare solido e cristallino, che ritrovasi al fondo di tutti i terreni della valle.

(¹) Il lettore bramoso di più particolareggiate notizie, massime per ciò che concerne il paese nostro, intorno all'importante argomento della termalità e mineralità delle acque, consulti la bella e veramente classica opera del Dottor Giovanni Garelli intitolata: *Delle Acque Minerali d'Italia*. Torino 1861.

Ma se non vi ha in Europa alcun'altra sorgente termale posta in eguali condizioni a quelle dello Sprudel, ben più grande è lo spettacolo che ci prosentano i *Geysers* in Islanda. Lo tre sorgenti principali di quell'isola vulcanica sono lo Strok *(apertura stretta)*, il Rikum *(il fumante)* ed il gran Geyser *(l'arrabbiato.)* Il bacino delle sorgenti presenta 23 metri di profondità e 60 metri di diametro. Le eruzioni sono intermittenti, ripetendosi talvolta a brevissimi intervalli, tal'altra poche volte soltanto in una intera giornata. La temperatura eccede generalmente quella dell'acqua bollente; ma, mentre alla superficie del bacino si innalza solo a 85 gradi, se ne trova al fondo sino al 127°, 5, e la media della colonna d'acqua dà da 108 a 109 gradi. Klaproth non dubita che queste acque non escano da una vera fornace, e che nei loro getti esse non abbiano gia perduto una parte del loro caloro; si è in seguito ad un terremoto dell' Ekla, che lo Strok fece subita eruzione. Non v' ha ponna nè parola umana, che possano descrivere il terribile effetto di quelle immense colonne di acqua bollente e di quei globi di fumo, che si alzano a prodigiosa altezza con un boato sotterraneo e formidabile. La Natura, dice Stanley, non offre alcuna cosa simigliante, nè l'arte ha saputo produrre monumento, che si accosti a tanta magnificenza.

Nell' isola di Madagascar, in seguito ad una eruzione vulcanica, si formò una fontana intermittente, che proietta le sue acque a tale altezza e con tanto volume, che si scorge dal mare a più miglia di distanza.

V.

Fra i prodotti liquidi risultanti dalle interne riazioni del globo, nessuno ve n'ha che presenti tanta importanza e scientifica ed economica, quanta ne ha ai giorni nostri acquistato il Petrolio, intorno al quale sarà bene quindi il fermare un istante la nostra attenzione.

La decomposizione spontanea dei vegetali sotterra dà luogo alla formazione di sostanze designate col generico nome di *bitumi*, che molto facilmente si accendono e bruciano, mandando denso fumo e cupa fiamma ed odore forte e particolare. Vi hanno bitumi solidi o pastosi, e bitumi liquidi: la *Nafta* ed il *Petrolio* sono di quest'ultima specie; entrambi contengono molto carbonio e molto idrogeno; e non differiscono fra loro, se non per essere la nafta meno densa e più limpida, e per contenere il petrolio qualche pò di bitume solido in dissoluzione.

A provare la comunanza di origine con altri fenomeni più sopra esaminati, basterà il ricordare che dai luoghi stessi ove la nafta ed il petrolio si estraggono, esalano pure gaz infiammabili, che producono le cosidette *fontane ardenti*, le più antiche e le più celebri delle quali sono quelle che esistono presso la città di Bakù, in vicinanza del Caspio, e le quali diedero origine all'adorazione del fuoco, religione il cui vetusto legislatore è Zoroastro, l'Autore dello Zend-Avesta.

L'Italia possiede molti di questi terreni ardenti, in Sicilia a Maccaluba, presso Girgenti, sul vertice dell'Appennino tra Bologna e Firenze, a Pietra Mala, nell'Imolese, nei dintorni di Riolo, a Bárigazzo, luogo reso celebre per gli esperimenti che intorno a cotesti fuochi fece già, sul finire del secolo scorso, lo Spallanzani.

In quelle stesse località ed inoltre nel territorio Parmense, nel Modenese, in Toscana esistono depositi di petrolio, non senza speranza di buon prodotto industriale. Più abbondanti sorgenti dell'utile sostanza trovansi in altre parti d'Europa e d'Asia, segnatamente nell'Indocina, ove il suolo si può dire tutto inzuppato di petrolio.

Ma la regione incomparabilmente più ricca di questo prodotto, è l'America boreale: negli Stati-Uniti, per trovarlo in copia stragrande, basta forare alla media profondità di 50 metri, che talora limitasi a soli 10 metri, oltrepassando assai raramente metri 150. Vi hanno in Pensilvania pozzi, il cui giornaliero prodotto ammonta a 220,000 litri di petrolio, dando un valore di oltre 50,000 lire al giorno!

Le spiegazioni che la scienza ha date intorno alla origine del petrolio, si riducono a considerare qnesto liqnido siccome un prodotto della spontanea decomposizione di vegetali, posti sotterra a contatto con rocce contenenti sostanze chimiche acconcie a determinarla. La vulcanicità, intendendo con questo vocabolo significare in modo generalissimo il complesso degli agenti che prodncono le riazioni dell'interno del globo contro la sna superficie, vi esercita quindi, senza dubbio, una influenza determinanto.

VI.

Ecco adunque che tutti i fenomeni da noi passati in rassegna ci riconducono sempre ad una causa comune, ad nn elemento fondamentale, alla forza misteriosa cho trova la sna più possente manifestazione in quelle ignivome bocche, alle quali fu dato il nome generico di *Vulcani*.

Un vulcano propriamente detto non esiste so non là dove una comunicazione permanente si è formata tra l'interno del globo o l'atmosfera.

L'altezza di ogni vulcano dà la misura della forza che lo ha prodotto; e questa altezza è talmente variabile, che percorre tutte lo dimensioni orografiche possibili, da quelle di una modesta collina, fino a coni che si adergono a 6000 motri di elevazione.

L'altezza dei vulcani sembra altresì esercitare una influenza snlla frequenza delle eruzioni: pare che la loro attività sia in ragione inversa della loro altitudine. Consideriamo, infatti, la serie seguente: lo Stromboli 707^{m}, che è continuamente in ignizione; il Gnacamayo nella provincia di Quiros, cho tuona ogni giorno, 800^{m}; il Vesuvio, 1181^{m}; l'Etna, 3313^{m}; il Picco di Teneriffa, 3711^{m}; il Cotopaxi 5812^{m}. Tutti questi ultimi vulcani sembrano condannati a lunghi intervalli di inazione. Il Vesuvio non aveva mai, nelle epoche storiche, dato segno alcuno di essere un vulcano; fino al principio dell'Era Volgare, era coperto di ville, di

giardini e di abitazioni. La prima sua eruzione, di cui faccia menzione la storia, è quella che avvenne l'anno 79, regnante l'imperatore Tito, dalla quale furono sepolte le città di Stabia, Ercolano e Pompeia. Successivamente si rinnovò parecchie volte l'imponente spettacolo, ma dal 1500 al 1631 il Vesuvio stette in assoluto riposo; e Braccini descriveva allora il cratere, siccome fino al fondo ammantato di grosse piante, sicchè vedevansi pascolare gli animali o gli uomini tagliar le legne, in quel luogo stesso dal quale tante volte erano usciti torrenti di fuoco. Ma quando la parete s'infranse di nuovo, il colosso si compensò del lungo suo sonno: l'eruzione del 1631 fu la più terribile di cui si abbia contezza, eccettuata quella del 79.

Ciò vale a mostrarci come essenzialmente relativo sia il valore della distinzione, che abitualmente si fa, tra vulcani *spenti* ed *attivi*. Gli spenti son quelli che tacciono da lungo tempo, ma' che molto probabilmente si sveglieranno di nuovo. Di essi vi è copia in molte parti del mondo: l'Italia ne ha in Sardegna, a Radicofani, a Roma, sui Colli Vicentini; in Francia, sono tali i monti arrotondati a cupola dell'Alvernia; tali sono molti coni lungo il Reno e nella Germania. Molti ne contano l'Asia, l'Oceania, l'America. I giganti che incoronano la Cordigliera, non rinnovano le loro eruzioni, che appena ad ogni secolo. Ma quando avvengono, elle sono oltre ogni dire possenti: quelle del Cotopaxi, sciogliendo repentinamente i ghiacci e le nevi accumulate dal tempo su quel cono di 5812 metri, hanno più di una volta determinato devastatrici inondazioni nelle sottoposte vallate.

VII.

Sopramodo notevole o degna di tutta l'attenzione di chi studia la Fisica del Globo è la distribuzione geografica dei vulcani, la quale non è punto casuale e saltuaria, ma sembra, all'incontro, obbedire a certe determinate leggi. La prima delle quali è quella

dell'allineamento di tutti i vulcani sulle rive dei mari, o delle cavità lacustri nell'interno dei continenti; fatto che non era forse sfuggito alla sagacia degli Antichi, i quali credevano che l'Etna non facesse se non vomitare, sotto forma di vapore, le acque versate dal mare nel baratro di Cariddi. Questa leggenda raffigurava con poetica veste l'ipotesi quasi unanimemente accettata dai moderni dotti, giusta la quale le eruzioni vulcaniche sarebbero principalmente un effetto della trasformazione in vapore delle acque, per filtrazione penetrate nelle profonde viscere della terra. L'Oceano Pacifico, che è il più grande serbatoio di acque del pianeta, è tutto circondato da una serie di montagne ignivome, le une scaglionate in catene, le altre lontane bensì fra loro, ma evidentemente collegate da un'intima connessità, e formanti, nel loro tutt'insieme, un circolo immenso di fuoco, il cui totale sviluppo è di circa 35,000 chilometri.

Se, a percorrere con la mente questa formidabile rotonda di vulcani, noi pigliamo le mosse dall'estremità sua sud-orientale, troviamo dapprima le bocche fumanti della Nuova Zelanda, il Tongariro ed il possente cono di Whakari, nell'Isola Bianca. A settentrione di questo primo anello vulcanico, ne troviamo un secondo nelle isole Viti, nelle quali se l'epoca attuale non presenta segni di recenti lave, ci offre però un gran numero di antichi crateri ed abbondanti sorgenti termali. Colà, una diramazione, dopo avere obliquamente traversato il mare del sud, dalle isole basaltiche di Juan Fernandez (celebri per le avventure di quel leggendario Selkirk, da cui il De Foë trasse l'argomento del suo Robinson Crusoé) fino al gruppo vulcanico delle isole degli Amici, viene a raggiungere la principal catena, la quale, spingendosi a N. O., va a contornare i lidi dell'Australia e della Nuova Guinea. Tra le Viti e l'Arcipelago della Sonda, succedonsi i coni di Abrim e di Tanna nelle Nuove Ebridi, di Tinahoro nel gruppo di Santa Croce, di Semoya nelle isole Salomon. Ma si è nell'Arcipelago della Sonda, il quale fu così bene chiamato un istmo infranto, che collegava forse un tempo l'Australia all'Indo-Cina, e che separa il Pacifico dall'Oceano In-

diano, che incontriamo uno dei più poderosi centri, il più poderoso forse, dell'attività plutonica sul nostro pianeta. Ivi non meno di centonove vulcani eruttano lavo, ceneri e fango, sotterrando spesso intere province e popolose città, e qualche volta chiudono le loro terribili esplosioni, scoppiando come una polveriera e ricoprendo con le loro macerie e coi loro frantumi migliaia di chilometri di superficie. Tutte le isole che intercedono tra Sumatra e la Papuasia, — Timor, Flores, Sumbava, Lomboch, Bali, Giava, — sono tutte vulcaniche, come lo è la bella e vasta Sumatra, come lo sono pure le *Isole delle Spezierie*, Ceram, Amboina, Gilolo, Ternate (cantata dalla musa di Camoens), la tripartita Celebe, Mindanao, Mindoro, Luçon e la poco conosciuta Borneo, ove soggiornarono recentemente per nobile amore della scienza, due giovani naturalisti italiani, il genovese Giacomo Doria, ed il toscano Beccari.

A settentrione di Luçon, il grande anello vulcanico s'incurva gradatamente, seguendo una direzione parallela al lido continentale nell'Asia. Una immensa breccia submarina corre sotto la Formosa, le Lieu-Kieu, le isole Giapponesi, l'Arcipelago delle Kurili, che forma come un ponte gettato tra il Giappone ed il Kamsciatkà. A levante di questa penisola, la falange dei crateri s'inflette a mezzo-cerchio dalla punta di Behring a quella di Alachka, sulla cui estremità si aderge il cono di Unimak.

Sul continente americano; il circolo di fuoco prosiegue a svilupparsi lungo la sponda marina occidentale. Il cratere del gigantesco monte Sant'Elia si apre a 5400 metri di elevazione; e più a mezzodì, torreggia a 4380 metri quello del Bel-Tempo. Tutta la catena delle Cascato nell'Oregon, quelle della Sierra-Nevada e le montagne Rocciose, sono dominate da coni vulcanici, la più parte spenti, e fra i quali gli attivi (il Baker, il Renier, il Saint-Helens, enormi picchi da 3 a 5000 metri di altitudine) non vomitano che cenere e fumo. Le montagne basaltiche e trachitiche della California e del Messico non presentano in oggi orifizi attivi di eruzione; ma colossali invece ne offrono gli altipiani del Messico od Anahuac.

Ivi sorgono il Colima, il Jorullo, il Nevado di Tolima, l'Istachihuetl, il Popocatepetl, l' Orizaba, il Tuxtla. Più terribilmente attive ancora sono le trenta montagne ignivome che sorgono nell'America Centrale, disposte in due catene, parallela l'una al lido del Pacifico, l'altra obliqua nell'istmo di Nicaragua. Ivi il Fuego, l'Agua, il Faro d' Isalco, il San Salvador, il Coseguina hanno più volte eruttato fiumi di fuso granito, che scesero a sconvolgere e desolare vaste contrade.

La serie dei vulcani fronteggianti il Mare del Sud (circostanza che vi prego di osservare, o Signori, e sulla quale ritorneremo fra breve) è interrotta dalle depressioni dell'istmo di Panama e di Darien. Il più settentrionale dei vulcani attivi della Colombia è il Tolima, ardito picco che si estolle a 5400 metri, e che è uno de' monti ignivomi più lontani dal mare, la sua base distando circa 200 chilom. dalla sponda del Pacifico. Ma, più a mezzodì, le forze sotterranee si manifestano con nuova energia, in un gruppo di sedici vulcani, alcuni dormenti, altri sempre fumanti, quali il Tunguragua, il Carahuirazo, il Cotopaxi, l'Antisana, il Pichincha, l'Imbabura, il Sangay e (dominante su tutti) il gigantesco Chimborazo. La serie delle montagne fiammeggianti non ricomincia che a 1500 chilometri a sud del Sangay (che è forse il più devastatore dei vulcani conosciuti) nel meridionale Perù. I monti di Antuco, di Villarica e di Osorno, nel Chili, compiono la sequela dei grandi vulcani in America; ma la interna fornace si manifesta ancora, più a mezzodì, con altri più umili crateri, fino alle estreme punte della Terra del Fuoco. Vulcaniche, del pari, sono le isole Shetland meridionali, nel grande Oceano Australe; e proseguendo nella stessa direzione verso il polo, si incontrano, fra i ghiacci antartici, i due alti vulcani dell'Erebo e del Monte-Terror, scoperti dal capitano Giovanni Ross. Inflettendosi quindi a N. E. il grande circuito vulcanico, che avvolge così tutta la circonferenza terrestre, va, attraverso a molte piccole isole del mare Australe, a raggiungere la Nuova Zelanda, da cui questa nostra descrizione è partita.

Tale è l'immenso anfiteatro vulcanico che circonda il Pacifico, in mezzo al quale molte fra le belle isole che vi aspettano la luce della civiltà (se pur non è più vero il dire che la paventano) sono vulcaniche anch'esse, e le loro fiammanti montagne sono gli unici fari che le annunzino al navigatore. Tali sono parecchie delle Marianne; tali le Sandwich; tali le Gallapagos (contenenti non meno di 2000 coni di spenta eruzione) e delle quali dovrò riparlarvi, o Signori, nelle mie Lezioni destinate a studiare le leggi della distribuzione della vita organica sul nostro pianeta, per le memorabili osservazioni che in quelle isole appunto fece Carlo Darwin.

Meno ricisamente disegnato che intorno al Pacifico, ma pure percettibile anch'esso, è il cerchio vulcanico che rinserra l'Oceano Indiano. Dominato, a levante, dai coni di Giava e di Sumatra, esso ci presenta, a borea, i picchi vulcanici delle isole Nicobare ed Andamane, a ponente la penisola di Kutch ed il Delta dell'Indo, cui le scosse sotterranee agitano sovente, molti cumuli di lava sulle coste arabiche, ed il monte Kenia, il solo vulcano (dicesi) che ci offra il continente orientale d'Africa. Ma le isole africane ne porgono un gran numero, specialmente quelle di Socotora, di Maurizio, della Riunione, di San Paolo e di Amsterdam.

Simmetrica è del pari la disposizione dei vulcani sulle rive dell'Atlantico. A settentrione, si schierano i picchi vulcanici di Giovanni Mayen e di quella singolare terra di ghiaccio e di fuoco, che nomasi Islanda, e sulla quale vive una scarsa e non ricca, ma industre e morale popolazione, che riesce a mostrare a noi, abitanti di più fortunate contrade, come, anche senza i sorrisi del cielo, la virtù sappia essere felice. Ivi il Krabla, il Cattalagiaa, l'Eifialla Iokul, l'Eirefa Iokul, lo Skaptaa Iokul, lo Skaptaa Sissel, il Wester Iokul, l'Ecla e quei Geyssers, dei quali abbiamo fatto cenno più sopra, attestano quanto sia possente, in quelle alte latitudini, l'attività delle forze vulcaniche. A 2500 chilom. circa più presso all'equatore, sorgono dal mare i picchi delle Azorre, gli uni estinti, gli altri fumanti tuttora. Anco più a mezzodì, la formidabile linea vulcanica si continua nell'arcipelago delle Canarie, su cui torreg-

gia il picco di Teyda. Succedono quindi le vette del Capo Verde, e poi, a sud, l'unico vulcano occidentale d'Africa, il Camerones, e molti crateri spenti. Più ricco di vulcani è il bacino Atlantico sulla costa americana, ove, in una cerchia relativamente angusta, si aggruppano le fumanti cime, le solfatare, le sorgenti termali o fangose della Trinità, della Granata, di San Vincenzo, di Santa Lucia, della Dominica, della Guadalupa, di Monserrato, di Nevis, di San Cristoforo, di Sant'Eustachio.

E qui non voglio lasciar trascorrere questa occasione, senza farvi notare, o Signori, come i due possenti nodi vulcanici delle Antille e delle Isole della Sonda trovinsi precisamente agli antipodi l'uno rispetto all'altro, e molto vicini entrambi a quei due secondari poli di schiacciamento, che nella nostra VI^a Lezione abbiamo ricordato esistere nei due emisferi, orientale ed occidentale. Inoltre si l'uno che l'altro quei due centri di sotterranea combustione (certo i più ardenti che esistano sul globo) fiancheggiano, l'uno a levante l'altro a ponente, l'immensa curva di vulcani, che accerchia tutto il Pacifico.

Il nostro Mediterraneo non è, almeno nell'epoca geologica attuale, contornato, come i due grandi Oceani, da un perfetto circolo di vulcani. Ma i laghi Appenninici, quasi tutti occupanti il fondo di antichi spenti crateri, i manifesti indizi di una remota attività vulcanica nei Campi Flegrei, nei Colli Euganei, nelle montagne centrali e meridionali della Francia, nella Spagna, nelle Baleari, non ci lasciano pur menomamento dubitare, che qui pure la riazione delle forze interiori fu un dì assai più possente, che ai giorni nostri non sia. Del resto, anche oggidì il Mediterraneo ci conferma la gran legge della prossimità dei vulcani al mare. Si è dal bel mezzo di questo e sui lidi, che si adergono tutte le sue ardenti montagne, l'Etna, il Vesuvio, lo Stromboli, Vulcano, l'Epomeo, Santorino. Egli è, del pari, non lungi dal Caspio, che trovansi i vulcani di fango e di gaz della penisola di Apcheron e l'erta cima del Demavend. Nè a questa legge farebbero eccezione (quando la loro esistenza fosse più perfettamente provata di quel

Digitized by Google

Tav. XI

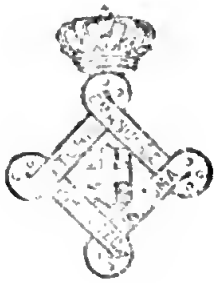
I VULC

Genova Lit. Arcadiano

Digitized by Google

G. Boccardo Fisica del Globo

Digitized by Google



Digitized by Google

cho sia) i vulcani Mongolici, il Turfan, che dicesi tuttora fumante, ed il Pe-Cham, che sarebbe stato (giusta una locale tradizione) attivo fino al VII° secolo; perocchè la parte dell'Asia in cui sorgono quelle montagne, benchè interterranea, è però quella precisamente, ove si raccolgano le più grandi masse lacuali di acque salmastre, residui di un antico Mediterraneo asiatico, quasi eguale in grandezza all'europeo.

È difficile il dire esattamente qual sia il numero dei vulcani attualmente ignivomi, sulla faccia del globo. Humboldt ne ha contato 223; Keith Johnston 270, dei quali 190 nelle isole e nel cerchio di fuoco del Pacifico. Ma è probabile che queste cifre siano ancora al disotto del vero; probabilissimo poi che molti crateri, oggi spenti, ripiglino quandochessia la loro antica attività.

La scuola geologica di Alessandro Humboldt, di Leopoldo De Buch, di Elia di Beaumont, quella Scuola di cui ho procurato riassumere le dottrine nella mia VII^a Lezione, ripeteva l'origine dei vulcani dalla esistenza del fuoco centrale, del quale erano quelli, a così dire, considerati siccome lo camminiero, gli emissari e le valvole di sicurezza. Il sig. Babinet è così profondamente convinto della esistenza di quella immensa fornace interna ed unica, che, discutendo, in uno de' suoi arguti *Saggi*, la questione della progressiva mancanza del combustibile, emette quasi seriamente la speranza che il genere umano, quando saranno esauriti (fra 500 anni forse) i depositi di litantrace che oggi alimentano le industrie e la vita produttiva delle nazioni, possa procurarsi l'esca avvivatrice, attingendola nel mare di fuoco, che bolle nell'interno della Terra! Chi sarà il nuovo Prometeo, che rapirà quella formidabile scintilla, non più a Giove, ma a Plutone?

In quanto a noi, ci limitiamo ad osservare che, nello stato attuale della scienza, non è punto provato che tutti i vulcani siano insieme comunicanti in un solo comune serbatoio. Molti fatti tenderebbero anzi ad escludere positivamente questa centrale ed unica comunicazione, ed a far considerare i vulcani come altrettante distinte individualità, aventi focolari loro propri e del pari distinti.

Bocche ignivome molto fra loro vicine fanno eruzioni perfettamente indipendenti e in quanto alla qualità delle lave, e in quanto all'epoca delle conflagrazioni. Così, per esempio, l'Etna ed il Vesuvio talora (come nel 1865) vomitano lave contemporaneamente; talora l'uno di essi riposa, mentre l'altro è in piena attività; poscia il primo si sveglia, quando il secondo si acqueta; nulla, insomma, che indichi un ritmo od una comune e correlativa legge di periodicità nei fenomeni delle due montagne. Del pari, il Kilanea, che si apre sui fianchi del poderoso Mauna-Loa, nell'isola di Havaï, punto non partecipa alle eruzioni del cratere centrale, aperto a 3000 metri più in alto ed a meno di 20 chilometri di distanza. Del resto, se anche esiste qualche relazione geologica attuale tra i vulcani di una data regione del globo, ciò non basta per inferirne che tutti attingano i loro fuochi in un oceano di comune incandescenza, potendosi ciò spiegare con la dipendenza dei loro fenomeni dalle medesime cause locali, le quali nulla toglie, del resto, che abbraccino considerevoli estensioni.

La prossimità delle bocche vulcaniche ai bacini marittimi; l'enorme quantità di vapore che esala dai crateri durante le eruzioni e la quale (al dire dell'illustre sig. Sainte-Claire Deville) comporrebbe almeno i 999 millesimi del cosidetto *fumo* dei vulcani; la costante apparizione e la successiva sublimazione del cloruro di sodio, che accompagna le eruzioni, e che forma (come ben noi sappiamo) uno dei principali componenti dell'acqua marina, tutto, insomma, tende a mostrarci una strettissima connessione tra i fenomeni vulcanici e le masse oceaniche. Le scorie e le ceneri sono sovente coperte da una bianca efflorescenza, la quale altro non è che sale comune, cui gli Islandesi vanno a raccogliere dopo ogni eruzione dell'Ecla. I vulcani (giusta la bella espressione del dotto tedesco Krugg-von Nidda) devono considerarsi come immense *fonti intermittenti;* e la comparazione sarebbe assolutamente esatta, se (come, del resto, non abbiamo ragione di dubitarne) si dovessero rigorosamente ammettere i calcoli, coi quali il sig. Fouché ha determinato in non meno di 2,160,000 metri cubici la quantità totale di acqua,

che l'Etna vomitò durante cento giorni nel 1865. Quasi tutti gli elementi dell'acqua marina si ritrovano dal chimico nei gaz e nei depositi delle fumarole: i sali di magnesia sono scomparsi, ma per mostrarsi sotto altra forma nei prodotti del vulcano; chè, decomposti dall'alta temperatura, vanno a costituire altri corpi: il cloruro di magnesio si cambia in acido cloridrico ed in magnesia; il primo si sviluppa dalle fumarole, mentre la seconda si fissa nelle lave.

Ogni eruzione comprende, come ha dimostrato il Sig. Sainte-Claire Deville, quattro successivi, distinti periodi. Nel primo, caratterizzato da elevatissima temperatura, si osservano in grande quantità, fra le materie eruttate, il sal marino e diversi composti di soda e di potassa. Nel secondo, con una temperatura alquanto meno alta, formansi depositi di cloruro di ferro dai brillanti colori, ed acidi cloridrici e solforosi. Quando, nel terzo stadio, la temperatura è discesa al di sotto di 200 gradi, si hanno sali ammoniacali ed aghi di zolfo, che stendonsi sulle scorie. Infine, nel quarto periodo, allorchè si hanno meno di 100 gradi di calore, le fumarole più non dànno che vapori d'acqua, di azoto, di acido carbonico e di vari gaz combustibili.

Abbiamo già dovuto e dovremo più di una volta ancora, nel Corso di queste Lezioni, ricordare le osservazioni fatte nella perforazione dei pozzi artesiani e nello scavo delle miniere, dalle quali risulta come la temperatura degli strati terrestri vada progressivamente aumentando, dalla superficie verso il centro della Terra. Senza affrettarci ad indurre da questa legge d'incremento l'esistenza di un centrale oceano di fuoco nelle ime viscere della Terra, non possiamo disconoscere però l'influsso ch'essa debbe esercitare sulle materie che si trovano, negli abissi terrestri, sottoposte ad altissimo grado di calore. Penetrando nelle frane e nelle screpolature della crosta terrestre, l'acqua marina aumenta gradatamente di temperatura, ed il momento deve necessariamente venire in cui sia ridotta in istato di vapore. Il vapore d'acqua, accumulandosi nelle interne cavità terrestri, debbe acquistare una

formidabile tensione, capace di far esplodere e di sollevare le materie solide con le quali è a contatto. Calcolano alcuni dotti vulcanisti che, a 15 chilometri di profondità, la forza di espansione dell'acqua debbe avere sufficiente energia, per equilibrare il peso delle masse sovraincombenti e per trasformarsi repentinamente in vapore a 500 gradi. Egli è alla pressione enormo esercitata in tutti i sensi da queste masse gazose sulle rocce incandescenti, che sarebbero dovute e l'ascensione delle lave entro ai tubi ignivomi, e le scosse dei terremoti, e tutte le emanazioni, che noi abbiamo compreso sotto la generica denominazione di *riazione dell'interno verso la superficie;* come si è alle potentissime riazioni chimiche le quali debbono risultare dal contatto di tante e sì diverse sostanze portate a così elevate temperature, che sarebbero da attribuirsi le varie specie di elementi che eruttano i vulcani. Anche questa (come quella dell'unica interna fornace) è una ipotesi; ma una ipotesi evidentemente meno gratuita e più conforme agli ordinari e consueti procedimenti della Natura.

Non nascondo che questa ipotesi presenta ella pure gravi difficoltà; e, per citarne una sola, si potrebbe domandare, per esempio, come si spieghino, con questa teoria, gl'innumerevoli e giganteschi vulcani estinti, che presenta la Luna; mentre il nostro satellite, privo com'è di una atmosfera, non può per ciò stesso aver mari, nè, per conseguenza, quelle filtrazioni di acqua e quelle accumulazioni d'interni vapori, delle quali si fece cenno poc'anzi. Si potrebbe forse rispondere che i crateri selenitici sono tutti spenti oggidì, e che quando erano attivi, le condizioni fisiche della luna potevano essere ben differenti dalle attuali. Ma anche questa risposta (dato pure che la si potesse astronomicamente accettare) lascerebbe qualche cosa a desiderare, se fosse (com'essere sembra) perfettamente accertato il fatto, che fu per la prima volta osservato dall'astronomo Giulio Schmidt di Atene il 16 ottobre 1866, e poi verificato, ma con molte varianti che non occorre qui enumerare, dal P. Secchi, dal Flammarion, dal Chacornac, dal Prof. Respighi e da altri. Il cratere *Linneo* esistente nella regione lunare chiamata

Mare Serenitatis, sarebbe in questi ultimi tempi scomparso, sotto l'influsso della eruzione di una materia liquida o polverulenta, più bianca che il fondo della circostante pianura, materia che dapprima avrebbe riempinto il cratere, quindi, giunta al margine, avrebbe traboccato, estendendosi sui pendii esteriori, in modo da mitigare l'angolo di inclinazione e da impedire così le proiezioni dell'ombra dell'antico cono, producendo press'a poco fenomeni simili a quelli che presentano i vulcani di fango della penisola di Taman.

Ma a me non compete (e credo che niuno lo potrebbe oggi con piena cognizione di causa) entrare in una minuta analisi di queste notevolissime osservazioni selenitiche; mi basta lo averle accennate, aspettando che la scienza, ne' suoi indefettibili progressi, ci sveli questi profondi misteri.

Mi resta a parlare del modo col quale procede l'incremento dei coni vulcanici, materia nella quale, come in tutte le altre controversie geologiche, incontriamo di fronte le due scuole, che io ho cercato di caratterizzare nelle mie VII^a ed VIII^a Lezioni.

La Scuola delle *Rivoluzioni*, rappresentata in questa parte da Humboldt, da Leopoldo De Buch e da Elia di Beaumont, affermava che i vulcani detti di *sollevamento* debbano l'odierna loro forma alla subitanea e violenta emersione degli strati terrestri. In una delle conflagrazioni, alle quali andò (giusta questi scienziati) soggetto il nostro globo, le materie compresse dell'interna fornace avrebbero tutt'ad un tratto sollevato la crosta del pianeta in forma di cono, aprendo un largo baratro a imbuto fra i dislocati strati, e creando così con un unico parossisma le ignivome montagne.

Ma come tutti gli altri teoremi di questa Scuola, l'ipotesi da lei sostenuta sulla repentina formazione dei coni vulcanici, non è più oggimai accettata dalle più illustri autorità della Scienza. Il nostro grande Spallanzani ed il celebre De Saussure, non elucubrando arbitrari sistemi nei loro gabinetti, ma osservando la Natura sul fatto, avevano già notato ciò che Prevost, Lyell, Poulett-Scrope,

Reclus, Darwin ed altri insigni geologi hanno oramai, a mio credere, irrefragabilmente dimostrato, che cioè l'attuale architettura dei vulcani non è punto il portato di subiti e repentini cataclismi, ma bensì invece l'effetto del ripetuto e, talfiata, diuturno accumularsi delle lave, delle ceneri e delle altre dejezioni dei vulcani medesimi.

Nella sua genesi primitiva, un vulcano non è che un semplice orifizio, mercè del quale la superficie del globo è posta in comunicazione, temporanea o permanente, con un centro di lave. Le materie eruttate si accumulano al di fuori ed intorno all'apertura, formandovi gradatamente un più o meno regolare cono di rottami; il quale, mediante le successive eruzioni ed il depositarsi progressivo di nuovo materie, può raggiungere poi, col lungo andare dei secoli e delle miriadi di secoli, le più colossali dimensioni, giungendo, come l'Etna, a 3320 metri, o, come il Picco di Teneriffa, a 3700 metri, o, come il Mauna-Loa di Havaï, a 4250 metri, o, finalmente, come il Sangai ed il Sahama, nelle Cordigliere, a 5600 ed a 7300 metri di altezza sul livello dei mari.

La mole delle lave e delle altre materie che i vulcani possono rigettare, eccede tutto ciò che l'immaginazione volgare è capace d'ideare. Una sola eruzione del Kilauea nell'Isola di Havaï, nel 1840, vomitò un torrente di liquide rocce di 60 chilometri di lunghezza e di 25 chilometri di larghezza, che cambiò completamente la configurazione del lito, ed uccise tutti i pesci di quei paraggi. La massa totale di quelle lave fu estimata dal Sig. Dana a 5 *miliardi e mezzo di metri cubici*, massa cinquanta volte più ragguardevole di quella che avrà fatto spostare la compiuta escavazione del bosforo di Suez. Più grande ancora è il volume di materie che uscirono dal Mauna-Loa nel 1855, con un fiume di lave che si prolungò fino a 112 chilometri di distanza dal cratere. Nel 1783 il vulcano islandese dello Skaptaa-Iokul si spaccò letteralmente in due, dando passaggio a due torrenti di fuse rocce, l'uno dei quali riempì una valle di 80 chilometri di lun-

ghezza e di 24 di larghezza; — fu calcolato che la lava evacuata dallo Skaptaa, in quella grande convulsione, non fu inferiore a 500 *mila milioni di metri cubici*, pareggiando così il volume intero del Monte Bianco, quantità sufficiente per ricoprire tutta la Terra di una pellicola di lava, di circa un millimetro di spessore. Queste conflagrazioni, a dir vero, sono rarissime nella storia fisica del pianeta; ma anche nelle meno straordinarie occasioni, i vulcani emettono masse di materia, più che sufficienti a spiegare la formazione dei loro coni e le alterazioni notevolissime che esse imprimono alla locale topografia. La celebre corrente dei Monti Rossi sui fianchi dell'Etna, la quale minacciò di distruggere Catania nell'anno 1669, versò una massa di pietra valutata, *mille milioni di metri cubi*.

Noi non pretendiamo punto di negare la possibilità che, talvolta ed in qualche eccezionale contingenza, la riazione delle interne forze contro la superficie planetaria possa esercitarsi con subita e repentina energia, e determinare il pur'anco repentino sollevarsi di una parte della crosta terrestre. I fenomeni testè avvenuti presso Santorino, la ben nota storia dell'isola Ferdinandea e qualche altro esempio simigliante provano che, nella economia della Natura, queste parziali convulsioni sono perfettamente possibili. Ciò che intendiamo stabilire, si è che, d'ordinario, non avviene punto con questo saltuario e repentino procedimento, che i grandi coni vulcanici si formino; ma che si è invece con una successiva accumulazione delle lave e delle altre materie eruttate, che quelle montagne si estolgono.

Si citarono bensì sovente, dai fautori della opposta teoria, i sollevamenti subitanei del Jorullo nel Messico e del Monte-Nuovo a Pozzuoli, dei quali abbiamo fatto cenno altre volte; — ma in quanto al Jorullo, occorre anzitutto osservare che i soli testimoni della asserita sua emersione, furono alcuni poveri Indiani, atterriti e fuggenti, dei quali Al. Humboldt riferì le narrazioni. Ma quand'anco non si volesse benchè menomamente dubitare della testimonianza di quei meschini e rozzi selvaggi, nè tener conto della dichiara-

zione di altri viaggiatori, che dopo l'Humboldt visitarono quei luoghi, e trovarono nella massa del Jorullo strati sovrapposti di lave, come in ogni altro cono di eruzione, gioverebbe, ad ogni modo, ricordare che quel cono non ha che la mediocre altezza di circa 500 metri, e non potrebbe mai essere preso come il *tipo* di un fenomeno, che avrebbe assunto, in tanti altri luoghi, proporzioni enormemente più colossali.

Per ciò poi che concerne il Monte-Nuovo, l'unanime testimonianza di tutti coloro i quali assistettero, più di tre secoli or sono, all'eruzione di quel cono, si è che la terra, dopo essersi fessa, diè passaggio a vapori, a ceneri, a scorie ed a lave, mercè dell'accumularsi delle quali, la collina (meno alta, del resto, di parecchi coni parassiti dell'Etna) si andò gradatamente formando.

In una esposizione, naturalmente sintetica, siccome quella che noi andiamo facendo, è affatto impossibile lo entrare in tutti quei minuti ed interessantissimi particolari, che la teoria dei vulcani presenta, e che io invito caldamente Loro Signori a voler leggere nelle insigni opere speciali dello Spallanzani, del Lyell, dello Scrope e di altri geologi. Limitandomi soltanto ancora ad alcune osservazioni sulle materie che i vulcani eruttano, e sui più notevoli fenomeni ch'essi presentano, ricorderò come i prodotti più importanti delle forze vulcaniche, le *lave*, siano spesso molto differenti le une dalle altre e per l'esteriore loro apparenza, e pel colore della pasta, e per la forma dei loro cristalli, benchè tutte sieno composte di silicati di allumina, o di magnesia, uniti a protossido di ferro, a potassa, od a soda e calce. Quando predominano i componenti feldspatici, la roccia, biancastra per lo più, grigia o giallastra, prende il nome di *trachite;* se contiene in copia grande cristalli di angite, di *hornblend,* o di ferro titanico, diventa più pesante, assume più cupo colore, e nomasi *basalto*. Generalmente, durante una eruzione, il bacino del cratere si riempie di lava, a foggia di un lago di fuoco, sulla cui superficie si formano di tratto in tratto enfiagioni o bolle di gaz, scoppiando le quali, la liquida sostanza, insieme a frantumi più o meno duri e consistenti,

viene slanciata a considerevole distanza. Sui fianchi del cono, dove la massa interna incandescente esercita una enorme pressione, si aprono, per solito, lunghe, ampie fessure, dalle quali sgorga la lava completamente fluida, e corre con grande velocità, la quale è talvolta superiore (specialmente sui rapidi pendii) a quella di un cavallo al galloppo; ma il torrente di fuoco non tarda a rallentare la sua corsa, ed il liquido, poco prima scintillante di luce, si copre qua e là di scorie rossastre o brune, come quelle del ferro fuso, che esce dalla fornace, e le quali sono il prodotto della ossidazione delle materie al contatto dell' aria. Quelle scorie venendo poscia a conglutinarsi, si saldano, dapprima imperfettamente, lasciando dai loro spiragli uscire la materia fusa, poi più compattamente, formando, attorno al fiume di fuoco, come una solida galleria. È questa la cosidetta *Sciara*. La pressione delle lave rompe, di tratto in tratto, la crosta nella parte inferiore della vena, e la massa incandescente prosegue il suo cammino, spingendo davanti a sè le scorie, che rimbalzano con suono metallico. L' infuocato fiume, arginandosi continuamente da sè stesso e rompendo, con alterna vicenda, i suoi argini, si avanza infrenabile, irresistibile, finchè la sorgente non abbia cessato di alimentarlo.

L' irradiazione delle lave essendo impedita dalla crosta di scorie, che è assai cattiva conduttrice del calore, ne risulta che la temperatura ambiente si alza molto lentamente intorno ad un torrente di materie incandescenti. È noto che le guide napoletane che accompagnano i visitatori del Vesuvio durante l' attuale eruzione, si accostano alle scorrenti lave, per coniarvi grossolane medaglie, che vendono ai forestieri. A distanza di pochi metri da uno spiraglio della sciara, gli alberi dell' Etna continuano a vivere ed a fiorire. Furono anzi veduti, sui fianchi di quella montagna, serbarsi per alcun tempo in piena vegetazione alberi tutti circondati dall' ardente lava; ma il fenomeno si spiega, considerando che l'immediato effetto di quest' ultima si fu di ridurre allo *stato sferoidale* l' umidità della pianta, e di crearle quindi tutt' intorno una specie di corazza liquida preservatrice. Qualche volta le eruzioni vulcaniche, sulle

Digitized by Google

alte montagne, determinano lo squagliamento subitaneo delle nevi e producono, per conseguenza, notevoli inondazioni: ho a suo luogo ricordato quella, molto devastatrice, che risultò da una eruzione del Cotopaxi. Ma talora le nevi non si sciolgono, e si conservano sotto le scorie per secoli e secoli. Lyell ne vide di antichissime, sotto le lave dell'Etna; i geologi americani ne scoprirono sotto le masse rigettate dal cratere del monte Hooker; Darwin, sotto le ceneri della Deception-Island, nella Terra del Fuoco; Philipps, sotto le lave del Nuovo de Chillan. Nel 1860, il Kutlagaya, in Islanda, scagliava nell'aere blocchi di lava e frantumi di ghiaccio insieme. Tutto ciò prova quanto è debole il potere d'irradiazione delle lave, e ci lascia comprendere come assai a lungo si conservi il loro calore. Vi hanno viaggiatori, i quali affermarono di avere trovato profondi letti di lava, caldissimi ancora dopo un secolo di soggiorno negli imi fianchi delle montagne.

Quando la lava è poco fluida, assume l'aspetto della resina, ed è appunto chiamata allora *pechstein* (pietra-pece). Allorchè la roccia uscita in fusione dal seno della montagna è ancora più raffreddata, racchiude innumerevoli cristalli, che dànno luogo a regolari formazioni di varia figura. Tali sono gli aghi di lava rossa, simili a fiamme inclinate sulla superficie del suolo, che presentano i dintorni del Djebel-Hauran; tali i fiocchi arborescenti delle Sandwich; tale la grotta basaltica della *Giant's Causeway*, sulla costa di Antrim in Irlanda, che conta 40,000 prismi o colonne di mirabile struttura; tale la caverna di Staffa, in Iscozia, celebrata nei canti caledonici, siccome l'opera del semidio Fingal; tali le isole dei Ciclopi o Faraglioni nel mar di Sicilia, cui la tradizione popolare considera come resti delle rupi scagliate da Polifemo sulle navi di Ulisse.

Talvolta i vulcani, invece di materie in istato di fusione, vomitano ceneri, che poi si dispongono in coni parassitici lungo la pendice della montagna. Talfiata accade che, in un eccezionale parosisma della energia vulcanica, tutta la vetta della montagna, sopra uno spessore di più centinaia od anche migliaia di metri, scoppii nel-

l'aere, come una bomba, lasciando così smozzato o decapitato il monte. Nell'Etna, per es., secondo una ipotesi molto probabile, tutto *Val-di-Bove*, non sarebbe che il vacuo lasciato dalla scomparsa di un antico cono. Nella eruzione dell'anno 79, che distrusse Pompei, Stabia ed Ercolano, il Vesuvio perdette, nella stessa guisa, tutta la parte della montagna rivolta verso il mare, che fu ridotta in polvere. Quando scoppiò nell'America centrale il Coseguina, le ceneri ricopersero le campagne, sopra un raggio di 40 chilometri, con uno strato di 5 metri di spessore; ed il fragore della esplosione fu udito fin sui pianori di Bogota, a 1650 chilom. di distanza in linea retta. Nel 1638 lo scoppio simigliante del vulcano di Timboro nell'isola di Sumbava (Arcipelago della Sonda) determinò la caduta di una massa di rottami, che fu estimata ad un volume triplice di quello del Monte-Bianco, e che si estese sopra un'area più grande di quella dell'intera Germania. La pietra pomice ondeggiava sul mare in uno strato di oltre a un metro di spessore. La popolare immaginazione fu talmente colpita dal pauroso fenomeno, che a Bruni, nell'isola di Borneo, 1400 chilometri lontano dal teatro dell'avvenimento, e dove pur pure le ceneri del Timboro erano state portate dal vento, si contano gli anni a datare *dalla grande pioggia di ceneri*.

Un fenomeno, che si osserva frequentissimo durante le grandi eruzioni, è lo svolgimento di copiosa elettricità atmosferica. Essa è evidentemente determinata dalla frizione del vapore d'acqua contro le innumerevoli particelle solide scagliate nello spazio dalle forze vulcaniche. Il cielo è allora illuminato non solo dal riflesso delle lave, ma eziandio dai bagliori e dai lampi, che guizzano d'ogni intorno sulla vetta dei coni infiammati (*Fig.* 105).

Ma, oltre al fuoco ed alla elettricità, i vulcani producono talvolta torrenti di acqua e di fango. Non parlo solamente delle acque accidentalmente prodotte da una eruzione che, come quella già citata del Cotopaxi, sciolga le nevi e i ghiacci che incoronano il monte, o che, come altre nella Cordigliera anch'esse avvenute, rompano le pareti di un lago e ne rovescino la massa sulle sottostanti vallee. Ma voglio accennare a quelle eruzioni acquee o

Digitized by Google

fangose, che sono il *diretto* prodotto delle forze sotterranee. Nel 1792 il Papadayang, nell'isola di Giava, scoppiò, la cima scomparve ridotta in minuta polvere seppellendo ben quaranta borgate. Da quell'epoca in poi, un grosso rivo sgorgò dalla bocca stessa del cratere, a 2350 metri di altitudine, e perenne oggi ancora si precipita di rupe in rupe trachitica. Simiglianti vulcani d'acqua o di melma abbondano nelle Filippine, nelle Ande, nel Caucaso

Fig. 103. — Eruzione e svolgimento di elettricità vulcanica

Oltre ai più diretti fenomeni eruttivi, i vulcani producono altre specie di indiretti cambiamenti nella superficie del suolo, anche a notevoli distanze dal fiammante cono. Tali sono le crepature, gli scoscendimenti, la deviazione dei corsi d'acqua, le scosse di terremoto, che sogliono accompagnare le crisi vulcaniche. Durante l'attuale eruzione del Vesuvio, le cui varie fasi, cominciate in

Digitized by Google

dicembre, continuano ancora a svolgersi in questo istante (fine di gennaio 1868), si ebbero molti esempi di questi fenomeni concomitanti delle convulsioni plutoniche. La notte del 19 gennaio una frana o, per dir meglio, un pezzo del monte di Pizzofalcone, in Napoli, si staccò e, precipitando sulla sottoposta strada di Santa Lucia, seppellì varie case e parecchie vetture, che transitavano nel luogo della catastrofe, a produrre la quale contribuirono, senza dubbio, le continue vibrazioni del suolo, che da quaranta giorni agitano in Napoli gli strumenti di osservazione.

Il fondo di molti mari è, in varie parti del globo, continuamente travagliato e sconvolto dalle forze vulcaniche; e probabilmente i cambiamenti ch' esse determinano in quelle parti della terrestre crosta non accessibili al nostro sguardo, non sono punto meno considerevoli di quelli che vediamo prodursi dalle stesse cagioni sulle parti emerse del nostro pianeta.

Un certo numero di osservazioni raccolte dalla moderna geologia tenderebbe a segnalare alcune arcane connessioni tra i fenomeni vulcanici e quelli dell' atmosfera ambiente. I pescatori di Stromboli ritengono, per lunga tradizione, sicuro che il monte ignivomo serva loro di barometro, avvertendoli dell' appressarsi de' venti e delle procelle, mercè di una maggiore violenza delle sue eruzioni; come, dal canto loro, gli abitanti dell' isola Lipari affermano che i vapori di Vulcano formano nubi più grandi e più dense, quando si preparano le tempeste. Classificando per mesi e per stagioni tutte le eruzioni catalogate dalla storia, il Sig. Emil Kluge credette di poter stabilire che quelle crisi avvengono più frequentemente in estate, mentre i terremoti sono (come vedemmo) più frequenti in inverno. Al dire di questo geologo, le vulcaniche conflagrazioni dipendono dai cambiamenti delle stagioni: la fusione delle nevi e dei ghiacci, la caduta delle pioggie, le oscillazioni della temperatura e delle pressioni barometriche, sono le vere cause dei sotterranei incendi. Semplici effetti di riazioni chimiche, queste conflagrazioni sono (giusta quello scienziato tedesco) fenomeni puramente esterni del pianeta, e non si è punto negli abissi di un fantastico mare di

fuoco, ma nella profondità massima di 10 a 15 chilometri, che converrebbe cercarne la orginaria e genetica sede.

Noi non oseremmo, per vero dire, spingere a questo punto di sicurezza le nostre affermazioni; crediamo però che le cose dette sin qui ci autorizzino una volta di più a proclamare quella prudente e veramente filosofica teoria dei graduali trasmutamenti, la quale forma il fondo di tutto il sistema che questo nostro Corso è destinato a svolgere.

Digitized by Google

LEZIONE XXIV.

Costituzione della Superficie del Globo

SOMMARIO.

Lineamenti generali che presenta la costituzione fisica della superficie del globo. — Proporzione fra le aree e l'estensione lineare delle coste. — Capacità delle varie regioni per l'incivilimento. — Forma piramidale dei continenti. — Legge di direzione meridionale delle penisole. — Fisionomia peculiare dei tre maggiori continenti. — Cause che determinarono le ineguaglianze e le irregolarità esistenti nella distribuzione delle terre e dei mari. — Teoria di Adhémar sui Diluvi periodici. — Distribuzione delle terre e dei mari, considerata in latitudine; — in longitudine; — in altitudine. — Altitudini positive e negative. — Altezza media dei continenti. — Variazioni secolari di questa altezza. — Questione della permanenza o della variabilità dei climi. — Singolare opinione di A. Humboldt, e sua confutazione. — Spostamento dei mari. — Azione delle acque. — Sollevamenti ed abbassamenti del suolo. — Le temperature del globo. — Clima dell'Italia, della Francia ecc.

I.

Signori,

Un involucro atmosferico composto di un miscuglio di $^{21}/_{100}$ di ossigeno e di $^{79}/_{100}$ di azoto, copre da ogni parte il nostro globo ed è il principale teatro in cui si svolgono quelli importanti fenomeni meteorologici, che formarono l'oggetto di molte fra le passate nostre Lezioni.

Sulla superficie stessa del globo, i tre quarti circa sono sommersi sotto le acque dell'Oceano. Ma la distribuzione delle terre

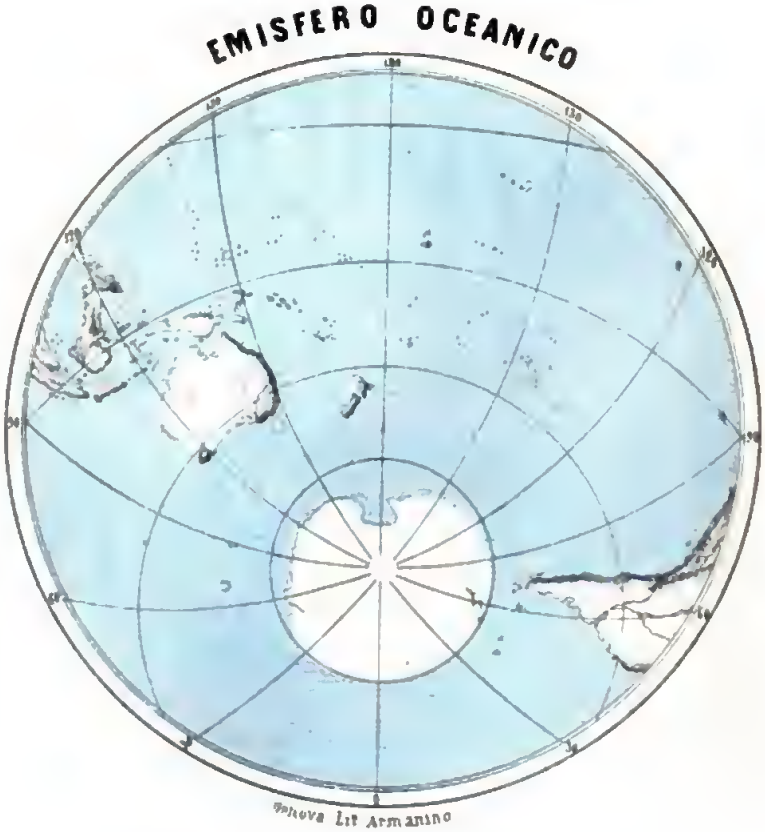
e delle acque è, nei due emisferi (boreale ed australe), molto disforme. Se voi prendete un mappamondo e lo disponete in guisa che la Nuova Zelanda ne occupi circa il punto superiore più alto, voi *avrete sott'occhio l'emisfero circoscritto dall'orizzonte dei nostri antipodi.* Or bene, questo emisfero non vi presenterà che alcune sparse isole, ed alcuni promontori e poche strisce litorane, in mezzo ad un mare immenso e sterminato; nell'atto che l'emisfero limitato del nostro orizzonte riunisce la quasi totalità delle terre. Se prescindiamo dalle ignote e deserte isole racchiuse nei ghiacci polari, noi possiamo, segnendo il meridiano del Capo di Buona Speranza, attraverso al polo, fino in prossimità dello Stretto di Behring, tracciare una linea di ben 4000 leghe marine, superiore quindi alla metà dell'intero globo, la qnale passerà per una superficie totalmente acquatica. Sotto l'equatore, nna linea tracciata dall'Africa per Sumatra e Borneo, fino al lido occidentale d'America, presenta, con due o tre brevi interruzioni soltanto, uno sviluppo liquido di 4200 *leghe marine.* Finalmente il 40mo parallelo di latitudine australe offre una zona acquatica, interrotta soltanto nello spazio di 15 gradi, e lunga, per conseguenza, 345 gradi, ossia 5300 *leghe marine.*

I geografi ed i naturalisti della seconda metà del secolo XVIII fecero lunghi e diversi ragionari su questa così inegnale distribuzione delle terre e degli oceani nei due emisferi, e la unanime conclusione a cui erano arrivati, si era l'esistenza di un vasto continente anstrale, destinato a far contrappeso alle masse solide accumnlate nell'emisfero boreale. Ma i viaggi di Cook (come ho già accennato in una delle mie prime lezioni) hanno recato una assoluta smentita a tutte queste supposizioni.

Le terre tutte esistenti sul nostro globo formano altrettante isole, tre delle quali si distinguono da tutte le altre per la loro maggiore ampiezza, e sono: l'antico continente, che comprende l'Europa, l'Asia e l'Africa; il nuovo continente, o le due Americhe; ed il continente nuovissimo, ossia l'Australia o Nuova Olanda. Le isole minori si raggruppano intorno a qneste tre grandi masse, ed il

Digitized by Google

Tav. XII.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

più copioso loro coacervamento è quello che, come dipendenza dell'ultima di esso, forma l'Oceania.

Sommamente vario è il rapporto tra le aree continentali e le linee litorali di costa; — circostanza di sommo rilievo per determinare la capacità che hanno per l'incivilimento le diverse contrade, capacità che può paragonarsi a quella, del pari diversa, che i corpi hanno pel calorico. L'Europa, con un'area di 3,600,000 miglia geografiche quadrate, possiede 20,000 miglia lineari di sponda, cioè 1 miglio di lito per ogni 170 miglia quadrate di superficie, e solamente 300 miglia litorane di difficile accesso. — L'Asia, con 17,600,000 miglia quadrate di area, ha 33,000 miglia di costa, ossia 1 su 533, un quarto delle quali giacciono in artiche regioni. — L'Africa contro 11,300,000 miglia di superficie, ha soltanto una costiera di 16,500 miglia, 1 su 420, e priva per la più parte di buoni approdi, con alcuni de' suoi grandi fiumi non navigabili alle foci, ed altri con un clima pestilenziale. — Nel Nuovo Continente, l'America Settentrionale, con un'area di 7,200,000 miglia geografiche, ha una linea di costa di 28,000 miglia, ossia 1 su 260, un terzo però delle quali è artico e quindi pressochè inutile alla navigazione. L'area della Meridionale America è di 6,800,000 miglia; le sue coste son lunghe 16,500 miglia, dando il rapporto di 1 a 420, ma le sue orientali piaggie sono solcate da immensi fiumi (l'Orenoco, l'Amazzone, la Plata, il Purus, il Negro, il Tocantin ed altri) formanti uno stupendo sistema di canalizzazione naturale, che pone in comunicazione col mare le più interterranee contrade. — La parte del globo, per tale rispetto, men favorita dalla Natura, è l'Australia, massa compatta di 3,500,000 miglia geografiche, grande quindi pressochè come l'Europa, con tondeggiante e poco portuoso contorno, rendnto ancora meno accessibile e meno ospitale dalle formidabili scogliere di madrepore o di coralli che lo avvicinano.

Tutti i continenti offrono, del resto, un notevole tratto di somiglianza nella direzione delle loro penisole. Esse sono pressochè tutte diretto da tramontana a mezzodì. — Tale è il caso dell'America

Meridionale, delle terre di California, d'Alaska, di Groenlandia, d'Acadia, della Florida, nel Nuovo Continente; — della Scandinavia, dell'Italia, della Grecia, della Crimea, in Europa; — dell'Arabia, dell'Indostano, dell'Indocina, di Malacca, di Corea, del Kamsciatkà, in Asia; — della punta meridionale del triangolo africano. — Le due principali fra le poche penisole formanti eccezioni a questa regola, l'Jucatan in America, e l'Jutland in Europa, non sono che terre d'alluvione, di assai recente formazione geologica.

Ma la direzione *generale* delle terre differisce profondamente nei tre continenti. Il nuovo si stende da polo a polo, nel senso dei meridiani; il nuovissimo è sensibilmente parallelo all'equatore; l'antico lo sarebbe esso pure, se non avesse l'Africa, che gli dà una direzione obliqua all'equatore medesimo.

La più lunga retta che si possa tracciare sull'antico continente, passando sempre, per quanto è fattibile, sulle terre, comincia sotto il 61mo grado di latitudine settentrionale, presso la foce del fiume Ponaska nel golfo di Anadyr, traversa il lago di Aral, la parte meridionale del Caspio, passa presso il Golfo Persico e a nord dello Stretto di Bab-El-Mandeb, tragitta l'Africa seguendo i monti di Lupata, e va a morire al Capo di Buona Speranza. Questa linea è lunga 148 gradi, o 2960 leghe marine; all'est, essa forma coll'equatore un angolo di 65 gradi.

Sul nuovo continente, la più lunga retta terrestre comincia al 60mo grado di latitudine boreale, traversa l'America Settentrionale, esce dalla Florida, toccando le grandi Antille, e scorre fino alla Patagonia, correndo 105 gradi, o 2100 leghe marine. Ma, come vedesi, questa linea è interrotta dal mare; e veramente la lunghezza del nuovo continente non si può rappresentare che con una curva a varie curvature, andando dal Capo di Cook, pel Messico e Quito, al Capo Horn: allora si avrà una linea di più di 3000 leghe.

La forma generale dei due maggiori continenti è stata determinata dall'emersione di due grandi catene di montagne, che ne

costituiscono (dirò così) le spine dorsali, alle quali si appoggia il rimanente delle terre. Pel Nuovo Continente, la direzione di questa *catena-madre* è molto più semplice e più agevole a tracciarsi che per l'Antico; poichè, cominciando dalla estrema punta del Capo Horn sulla Terra del Fuoco, e seguendo le giogaie della Cordigliera delle Ande Patagoniche, Chiliane e Peruviane, e poi l'altipiano d'Anahuac, e quindi le Montagne Rocciose, tutta si percorre, da Sud a Nord, in linea quasi retta e da ambe le parti perpendicolare all'equatore, la regione montana delle due Americhe.

Ma sebbene con minore precisione e con qualche leggera soluzione di continuità, è possibile eziandio ridurre ad unità di sistema i nodi delle altitudini, anche sull'antico continente, tracciandovi una immensa zona di sollevamento che dall'O. S. O. - all'E. N. E, stendesi, dai lidi di Portogallo e del Marocco, sull'Oceano Atlantico, sino alla più remota estremità Nord-orientale dell'Asia, allo Stretto di Behring, sull'Oceano Pacifico Settentrionale, comprendendo nel suo diagonale sviluppo le Sierras di Spagna ed i Pirenei da una parte, i Monti Atlanti dall'altra, quindi le Alpi, continuate dai Balcani, che si riannettono, a volta loro, con la brevissima interruzione dei Dardanelli, alla catena del Tauro, il quale si collega al Caucaso, e poi alle giogaie del Paropamiso o Indo-Kuh, dalla cui estremità orientale si stacca la mole dell'Imalaia. Al par di questo, si dipartono dall'altipiano centrale del Tibeto le catene dell'Altai, riunite poscia a quelle dei monti Yablonoi, che in linea serpeggiante si protendono fino al Pacifico, terminando al Capo Orientale.

Tali sono, o Signori, le grandi forme, i generali lineamenti del globo, che ci apprestiamo ora a studiare più particolarmente nelle varie loro divisioni, premesse però ancora alcune considerazioni sulle cause che hanno, giusta ogni razionale probabilità, determinato le ineguaglianze e le irregolarità esistenti sulla faccia del globo medesimo.

II.

Nella prima parte di questo corso ho esposto la storia dei lavori e dei metodi coi quali l'antica e la moderna scienza della terra ha cercato di scoprire la vera forma del globo, ed ho indicato le ragioni le quali provano come la sua generale figura sia quella di uno sferoide di rivoluzione, compresso ai poli e rialzato all'equatore *(V. Lezioni Va e VIa)*.

Ma se questa è la generale configurazione del nostro pianeta, essa non esclude però l'esistenza delle più svariate accidentalità sulla sua superficie. Dato che quest'ultima si fosse formata sotto la sola influenza della forza di attrazione e della forza centrifuga, la distribuzione delle terre e dei mari vi si sarebbe operata regolarmente e simmetricamente attorno alla linea equatoriale. Nè questa geometrica regolarità nella disposizione dei continenti e degli oceani sarebbe stata punto turbata dall'azione calorifica del sole, poichè questa forza, esclusivamente considerata, scema progressivamente d'intensità dall'equatore verso i poli, essendo eguale su tutti i punti di uno stesso parallelo. Le ineguaglianze superficiali del globo non possono tampoco attribuirsi all'azione della luna e dei pianeti, le loro attrazioni essendo troppo deboli, per produrre così grandi effetti; e d'altronde la rotazione della terra esponendo alternativamente entrambi i suoi emisferi (boreale ed australe) all'influenza degli altri corpi del sistema solare, epperò questa influenza obbedendo ad una legge di continua compensazione, non si potrebbe mai inferire da essa una disparità di azione capace di turbare la simmetria della superficie terrestre.

Egli è adunque in un altro ordine di fatti, che fa d'uopo cercare le cagioni determinanti delle ineguaglianze, che d'altronde ci presenta questa superficie medesima. Or bene, le cose che noi abbiamo prima d'ora discorse ci autorizzano a classificare in due distinte categorie di fenomeni coteste cagioni. Comprende la prima categoria

quel complesso di forze che, come vedemmo nell'antecedente lezione, producono la riazione dall'interno all'esterno del globo. Le energie vulcaniche ed eruttive, i lenti sollevamenti ed abbassamenti di vaste regioni, le scosse di terremoto che così frequentemente alterano la configurazione del suolo, l'emersione continua di materie solide, liquide ed aeriformi, sono fenomeni sulla cui potenza modificatrice della terrestre superficie non è permesso di conservare il menomo dubbio.

Più complessa e più moltiforme, ma non meno efficace è la seconda classe di fatti, dai quali le ineguaglianze e le irregolarità superficiali vennero determinate. Voglio accennare a quel vasto concatenamento di cause motrici e di forze che hanno la loro sede, non nell'interno del globo, ma sulla sua faccia esteriore e nell'atmosfera che lo circonda; cause e forze che, se da una parte, si riannettono coi più intimi legami alla azione centrale ed originaria del calore solare (grande sorgente comune del moto e della vita in questa nostra frazione dell'Universo) acquistano però una loro propria individualità ed autonomia. L'azione delle correnti marine e quella dei fiumi, la quale toglie vaste masse di materie da alcuni luoghi, per accumularle e depositarle in altri; il potente dinamismo dei ghiacciai e quello, non meno energico, dei ghiacci natanti, che seco trasportano, per depositarli in fondo ai mari, i trovanti e blocchi erratici; il continuo lavorio di ossidazione, che subiscono le roccie ed i terreni, e le svariate riazioni chimiche che ne risultano; il grande circuito che la materia subisce, passando dallo stato inorganico al regno della vita, e da questa tornando alternamente al riposo delle forme minerali; l'accumulazione dei detriti vegetali ed animali sui continenti e nel profondo letto degli Oceani, queste e mille altre trasformazioni che abbiamo enumerate allorquando esponemmo il magnifico sistema delle *Cause attuali,* sono più che sufficienti a spiegarci le forme esterne del nostro pianeta ed i cambiamenti continui, benchè lentissimi, ch'esse subiscono.

Noi possiamo adunque rivolgere ora la nostra attenzione allo studio di queste forme, certi già *a priori* di trovare, anche in mezzo alle apparenti loro irregolarità, quel medesimo regno dell'armonia, quel concatenamento di cagioni e di effetti, quello stretto ed intimo rapporto tra il fenomeno e la legge, che abbiamo sempre riconosciuto sussistere in tutte le altre parti della complicatissima economia della Natura.

III.

Basta volgere lo sguardo sovra un planisfero, o, meglio, sopra un globo terrestre, per riconoscere:

1.°) Che la superficie dei mari è circa tre volte maggiore di quella delle terre;

2.°) Che queste ultime possono considerarsi come ripartite in due grandi sistemi: — da una parte l'*Europa*, l'*Asia*, l'*Africa*, la *Nuova Olanda*, con le Isole adiacenti; dall'altra, l'*America settentrionale* e l'*America meridionale;*

3.°) Che il primo sistema sta al secondo, presso a poco nel rapporto di 2 a 1 in superficie; per guisa che l'emisfero orientale, che contiene l'uno, è più carico di terre dell'emisfero occidentale, a cui l'altro appartiene;

4.°) Che, finalmente, se, invece di considerare il globo come diviso in due emisferi nel senso delle longitudini, noi lo riguardiamo per rispetto alla linea equatoriale, l'emisfero boreale presenta circa tre volte più terre dell'emisfero australe; o, in altri termini, che, nello stato attuale delle cose, la formazione dei continenti si è operata di preferenza verso le regioni polari del nord, lasciando quindi le regioni polari del sud quasi esclusivamente occupate dall'Oceano (Vedi l'annessa Tavola dell'Emisfero Continentale o dell'Emisfero Oceanico).

Questi fatti e segnatamente l'ultimo (l'accumulazione delle terre nell'emisfero boreale) fornirono argomento ad una teoria la quale

Digitized by Google

se, a mio avviso, non può venire abbracciata in modo assoluto nello stato attuale delle nostre cognizioni, merita però di venir qui riassunta, non foss' altro come esempio dell' altezza delle speculazioni, alle quali il metodo induttivo può trarre lo spirito umano. Voglio alludere alla teoria dei *Diluvii periodici*.

L' idea che i due emisferi (boreale ed australe) del globo terrestre, vadano, nella lunga serie delle età, alternativamente soggetti a devastatrici irruzioni diluviali, fu per la prima volta enunciata da Bertrand di Amborgo nel 1799, in un' opera intitolata: *Rinnovamento periodico dei Continenti*. Ma il libro in cui questa idea ricevette il suo più compiuto e teorico svolgimento, è quello che, sotto il titolo di *Révolutions de la Mer*, pubblicava, alcuni anni or sono, in Francia, il dotto geometra Sig. Adhémar.

Il suo punto di partenza è la già accennata ineguaglianza nella distribuzione delle terre e delle acque sulla faccia del pianeta. Giusta i calcoli di Despretz, la superficie della terra sta a quella del mare, nell' emisfero settentrionale, come 419 sta a 1000, mentre nell' emisfero meridionale, la prima non istà alla seconda se non nel rapporto di 129 a 1000. Inoltre si può ammettere che la profondità dei mari è in ragione della loro estensione. In prossimità del polo boreale, l' oceano non ha che 300 braccia di media profondità, nell' atto che nell' emisfero australe si trovarono abissi da 5000 braccia sino a 14,000. In conclusione, la massa intera di acque raccolte nell' emisfero australe può calcolarsi almeno *quattro volte* maggiore di quella dell' opposto emisfero.

Or bene, l' accumulazione della quasi totalità delle acque nelle plaghe australi ha indotto il Sig. Adhémar a sostenere la tesi che, fra le leggi astronomiche dalle quali i complessi movimenti della Terra sono governati, una ve ne abbia, in virtù della quale l' equilibrio del globo deve essere periodicamente turbato e distrutto, mercè del condensamento delle acque atmosferiche successivamente congelate in maggiore abbondanza, ora all' una ora all' altra estremità dell' asse terrestre. Da questa cagione deriva un periodico spostamento del centro di gravità della sfera, il quale devo deter-

minare formidabili diluvi oceanici, l' un dall' altro separati da intervalli di circa 10,500 anni. Parecchi di questi grandi cataclismi si sarebbero già avverati nelle età geologiche anteriori alla nostra, l' ultimo dei quali provenne dalle acque boreali rovesciatesi sull' emisfero australe; ragione per cui quest' ultimo è pressocchè tutto coperto dall' oceano; ed il primo futuro diluvio avrà luogo per opera della precipitazione delle acque del polo antartico verso il polo artico, talchè ne andranno sommersi tutti i paesi che noi abitiamo, e nuovi continenti emergeranno negli spazi ora occupati dal grande Oceano.

A chiunque possegga le elementari nozioni di geografia astronomica, da me svolte nella V.ª e sovratutto nella VI.ª mia Lezione, mi riuscirà agevole il dare un concetto della base teorica su cui fa riposare il suo sistema il Signor Adhèmar. — Se la terra fosse sfera perfetta, il suo moto attorno al sole sarebbe sempre uniforme e costante, e le stagioni, in tutti i punti della sua superficie, avrebbero, per conseguenza, ogni anno una eguale durata. La linea degli equinozi rimanendo allora sempre parallela a sè stessa, la primavera ventura dell' anno 1868 comincierebbe esattamente quando la terra, compiuto l' intero giro dell'Eclittica, si ritrovasse precisamente al punto in cui era il 21 di marzo del cessato 1867.

Ma tutto ciò non può avvenire. — La Terra non è perfetta sfera, bensì uno sferoide schiacciato ai poli, gonfio all'equatore, essendo la differenza fra i due diametri di circa 26 miglia italiane. Ora i rudimenti della Meccanica ci insegnano che, quando uno sferoide è attratto da un altro corpo, gravita bensì verso questo ultimo, ma siccome la forza varia inversamente al quadrato delle distanze, e siccome tutti i punti dell' equatore dello sferoide si trovano ad una distanza minore del corpo attraente di tutti i punti man mano più prossimi ai due poli, così avviene che l' attrazione tenda a dare allo sferoide stesso un movimento attorno al suo centro di gravità. Il piano dell' equatore è inclinato sul piano dell' eclittica di 23° 27′ 28″; cosicchè la forza attrattiva del

Sole operando obliquamente ed inegualmente sulle diverse parti dello sferoide terrestre, fa sensibilmente deviare il piano dell'equatore dalla propria direzione, costringendolo a muoversi da oriente a ponente. Questo continuo cangiamento nella direzione dell'asse della Terra fa sì che l'epoca in cui giunge per noi l'equinozio di primavera *precede* tutti gli anni di una certa quantità l'epoca in cui sarebbe giunto se la Terra fosse perfettamente sferica, e se quel cangiamento quindi non esistesse; d'onde il nome di *precessione degli equinozi* dato dagli astronomi a questo importante fenomeno. In virtù di questa legge, che si complica di altri elementi, inutili ora a riferirsi, l'equinozio ha luogo successivamente in tutti i punti dell'equatore, in un periodo di circa 21,000 anni; in altri termini la terra aspetterà ancora alquanto più di 210 secoli prima che l'equinozio di primavera si verifichi esattamente nell'epoca in cui avrà avuto luogo nel passato anno 1867. L'equinozio di primavera, che ai tempi di Ipparco (160 anni av. G. C.) avveniva nella costellazione dell'Ariete, ha luogo oggi in quella dei Pesci, e percorrerà successivamente tutti i segni del Zodiaco.

Ecco ora il ragionamento col quale, partendo appunto dalla legge delle precessioni, arriva il Sig. Adhémar alla periodicità dei diluvi. — Dalla posizione *attuale* dell'asse della Terra rispetto al piano dell'eclittica risulta che il nostro autunno ed il nostro inverno hanno luogo nel periodo che la terra impiega a percorrere l'arco che corrisponde al *perielio*, al punto cioè della sua orbita in cui il nostro globo è più vicino al sole. Questo periodo corre dal 23 settembre al 20 marzo, sicchè la durata complessiva dell'autunno e dell'inverno nell'emisfero boreale è di 179 giorni. Sottraendo questo numero dai 365 giorni di tutto l'anno, restano 186 giorni che rappresentano la durata della primavera e dell'estate del nostro emisfero. Il contrario avviene nell'emisfero australe: quivi il periodo, per noi più caldo, dell'anno (primavera ed estate) è soltanto di 179 giorni, ed il più freddo per noi (autunno ed inverno) è di 186 giorni. Da ciò emerge che l'autunno e l'inverno riu-

niti sono di 7 giorni più lunghi nell'emisfero australe, delle due eguali stagioni del nostro emisfero.

La prima idea che si presenta, considerando questi numeri, è che la quantità di calore solare raccolta e (ci si permetta la parola) *immagazzinata* dalle plaghe boreali, sia maggiore di quella ricevuta e raccolta dalle regioni australi. Sembra naturale, infatti, che quello fra i due emisferi che ha più lunga l' estate, debba, per questa cagione medesima ricevere maggior quantità di calore solare.

Il fatto però non è punto così. — Il numero di raggi calorifici mandati dal sole sovra un punto qualunque del sistema planetario, epperciò sovra una regione terrestre, è (come la luce, come l'attrazione) in ragione inversa del quadrato della distanza; quando la Terra è più lontana dal sole, essa ne riceve meno calore e reciprocamente. Ora abbiamo già detto che la Terra è in perielio (cioè nel punto più vicino al sole) quando il nostro emisfero ha l'inverno, ed è in afelio (cioè nel punto più lontano dall'astro radiante) quando noi abbiamo l'estate; ed il contrario avviene nell'emisfero australe. D'onde segue che all'epoca che corrisponde alla primavera ed alla state del nostro emisfero, la terra è più lontana dal sole che durante la primavera e la state dell'emisfero australe. Da ciò risulta che durante le due stagioni che corrispondono alla primavera ed all'estate del nostro emisfero, la Terra riceve meno calore ogni giorno, essendo più remoto il focolare che lo emette; nell'atto che durante le due stagioni più brevi, corrispondenti alla primavera ed alla state dell'emisfero australe, la Terra essendo più prossima al Sole, ne riceve maggior copia di calore.

Questo stato di cose dura per tutto il periodo di secoli che ognuno dei due emisferi impiega per ritornare al punto equinoziale, da cui è partita la serie, vale a dire per la metà della durata totale del ciclo equinoziale, che vedemmo essere di circa 21,000 anni. La quantità di calore che ognuno dei due emisferi raccoglie ed immagazzina in eccedenza dell'altro, durante questa evoluzione

di 10,500 anni, è enorme, ed il Sig. Adhémar calcola che essa equivale ad 84,000 giornate di sole. Ognuno dei due emisferi ha adunque questo vantaggio, sull'altro, durante 105 secoli. Nel periodo che ha preceduto l'attuale, l'emisfero maggiormente scaldato era il boreale, quello in cui noi viviamo; di presente, il benefizio delle maggiori *calorie* è a favore dell'emisfero australe.

Durante il periodo di raffreddamento, i ghiacci polari dell'emisfero più freddo vanno accumulandosi in masse di mano in mano più enormi, nel tempo stesso che vanno progressivamente dileguandosi le masse glaciali del polo opposto. Questo successivo incremento della calotta gelida di un emisfero, corrispondente e contemporaneo al successivo squagliarsi della ghiacciata calotta dell'altro, continua per una lunga serie di età, continua, cioè, fino a tanto che i ghiacci del polo più freddo, sorpassino il peso di quelli del polo meno freddo di una quantità sufficiente a rompere l'equilibrio ed a spostare il centro del globo terrestre, facendo traversare a questo centro medesimo il piano dell'equatore.

Ma quando questo momento è venuto, quando l'ora solenne è segnata nel quadrante dei secoli, quando il centro di gravità del pianeta non coincide più col suo centro di figura, è necessario allora, è fatale che accada uno squilibrio affatto simile a quello che avviene nella bilancia, allorchè uno dei due piattelli è carico più dell'altro. Allora, infatti, la massa delle acque esistenti nella parte ove il peso è minore, vien trascinata dall'emisfero ove si trova, verso l'altro; i continenti più vicini al polo meno carico di ghiacciai sono abbandonati dai mari, ed i continenti prossimi all'altro polo sono sommersi. La terra ci si offre così sotto le forme di immenso pendolo, o piuttosto di enorme altalena, le cui oscillazioni sono l'una dall'altra divise da intervalli di 10,500 anni, e determinano una fatale alternanza del dominio delle acque e di quello delle terre. La configurazione delle superficie terrestri, la vita degli esseri organizzati, la civiltà delle razze umane, sono per tal guisa legate inevitabilmente a poche semplicissime leggi di geometria, di meccanica e di astronomia, delle quali la

periodicità dei diluvi oceanici non è che la logica e necessaria conseguenza.

Tale in riassunto è la teoria svolta da Adhémar in un grosso volume, che forse pochi in Italia conoscono, perchè in Italia si ama dai più non conoscere ciò che la Scienza va facendo di là dai monti e dai mari.

Nello stato attuale delle cognizioni nostre, egli è, a credere mio, impossibile proferire risolutamente un giudizio intorno a queste ardite speculazioni del geometra francese. Egli ha cercato, a vero dire, di avvalorarle con prove dirette e con positivi argomenti *a posteriori*: l'esistenza dei blocchi erratici e la loro uniforme disposizione relativamente alle alte catene montane, e lo incontrastabile fatto delle ripetute alternanze delle sommersioni e delle emersioni di interi continenti, parvero al Sig. Adhémar sufficienti punti di appoggio alla sua teoria. In ciò noi non sapremmo, invero, essere d'accordo con lui, convinti come siamo (e ne abbiamo addotto, in più luoghi di questo Corso, le prove) che, a spiegare il trasporto dei blocchi erratici, basti perfettamente il dinamismo ordinario degli *Icebergs*; e che, quanto alle emersioni e sommersioni alterne delle terre, ce ne porga amplissima ragione la teoria perfettamente dimostrata dei lenti sollevamenti ed abbassamenti della crosta solida del globo. Contro la dottrina dei Diluvi periodici milita ancora (lo confessiamo), giusta l'opinione nostra, quel grande e fecondo criterio delle Cause Attuali, giusta il quale la Natura non procede mai per universali violenti cataclismi, ma opera invece i suoi cambiamenti per mezzo di una lunga serie di lente ed infinitamente ripetute trasformazioni. Tutto ciò non toglie, pur tuttavia, che, come semplice ingegnosa ipotesi e come una delle più felici applicazioni del filosofico spirito induttivo, la teoria del Sig. Adhémar non meriti tutta la più seria attenzione da parte di chi studia le leggi della vita dell'Universo.

IV.

Facciamo ora ritorno alla nostra tesi, cioè alla relativa estensione dei continenti e dei mari. — Per estimare con esattezza questa estensione, fa d'uopo ricorrere a buone carte idrografiche, sulle quali figurano, giusta la proiezione del Mercator, i circoli di latitudine in forma di rette parallele all'equatore, e i circoli di longitudine in quella di rette perpendicolari alle prime. È facile quindi d'intercalarvi tutti i circoli di grado in grado.

Prendendo allora ad uno per uno tutti i paralleli, si notano i gradi di longitudine pei quali passano alternativamente continenti sul mare, e mare sui continenti. La stessa operazione si fa su ciascuna perpendicolare ossia su ciascun circolo di longitudine, notando i gradi di latitudine sui quali si opera questo medesimo cambiamento. Gli intervalli indicheranno, in terra ed in acqua, i numeri di gradi in longitudine per ogni grado di latitudine, ed i numeri di gradi in latitudine per ogni grado di longitudine. Basterà dopo ciò, ricorrere alle tavole nelle quali sono espressi i valori dei differenti gradi così di latitudine come di longitudine, per aver quanto occorra a calcolare la superficie rispettiva delle terre e dei mari. Egli è operando di tal guisa, che si è potuto costrurre il seguente quadro comparativo:

	In chilometri quadrati	In frazione della superficie terrestre
Superficie dell'Europa	9,460,000	0,0185
» dell'Asia sola	44,200,000	0,0808
» dell'Asia e delle isole	43,960,000	0,0862
» della Nueva Olanda	7,660,000	0,0150
» della Nueva Olanda e Oceania	9,030,000	0,0177
» dell'Africa sola	29,100,000	0,0571
» dell'Africa e delle isole	29,700,000	0,0582
» dell'America boreale sola	20,160,000	0,0395
» dell'Am. boreale e delle isole	24,640,000	0,0483
» dell'America meridionale	17,840,000	0,0350
» delle due Americhe	42,480,000	0,0833
» delle terre boreali	100,000,000	0,1960
» delle terre australi	34,630,000	0,0680
» delle terre tutte	134,630,000	0,2610
» dei mari tutti	375,420,000	0,7360
» delle terre e dei mari	510,050,000	1,0000

D'onde emerge che la superficie delle terre è un po' più del terzo della superficie dei mari, ed il quarto circa della superficie del globo; — che le terre boreali sono tre volte più estese delle terre australi; — che l'emisfero occidentale ha in terre un po' meno della metà dell'emisfero orientale.

Le cause che determinarono l'ineguale distribuzione delle terre sul nostro globo, hanno operato in tre diverse direzioni: in *latitudine*, in *longitudine*, in *altitudine*.

Per avere le ineguaglianze in latitudine, fa mestieri cercare qual porzione di terra si trovi compresa fra due gradi di latitudine successivi, dall'uno dei poli fino all'altro: questa porzione di terra può esprimersi sia in modo assoluto in chilometri quadrati, sia relativamente alla circonferenza intera del globo in gradi di longitudine. La tavola seguente porge la somma delle terre di 10 in 10 gradi di latitudine e la media dei gradi ch'essa occupa in longitudine andando dal settentrione verso il mezzodì:

Latitudine	Superficie in chilom. quadrati	Media dei gradi in longitudine
Da 80 a 70	3,520,000	104
» 70 » 60	13,459,000	257
» 60 » 50	14,584,000	204
» 50 » 40	16,053,000	185
» 40 » 30	15,444,000	153
» 30 » 20	14,153,000	134
» 20 » 10	14,153,000	94
» 10 » 0	10,024,000	82
» 0 » 10	10,307,000	84
» 10 » 20	10,004,000	80
» 20 » 30	9,384,000	84
» 30 » 40	4,168.000	41
» 40 » 50	960,000	11
» 50 » 60	212,000	6

D'onde si scorge che il complesso delle terre va, sulla superficie del globo a finire in punta dal nord verso il sud, con un pronunciatissimo assottigliamento in vicinanza dell'equatore. È qui opportuno il ricordare come a questa medesima legge della disposizione generale delle terre obbedisca pure la disposizione speciale delle grandi penisole: la Groenlandia, l'America del Sud,

l'Africa, la Scandinavia, le due Indie, ed in un ordine secondario, la Spagna, l'Italia, la Grecia, la Corea, il Kamtschiaka, ci confermano tutte senza eccezione questa legge.

La massima estensione assoluta delle terre in longitudine, o, come gli Antichi dicevano, la più grande *lunghezza* delle terre trovasi tra il 50mo ed il 40mo grado di latitudine boreale; e la massima estensione, relativa alla circonferenza intiera, è compresa fra il 70mo ed il 60mo grado di latitudine pure boreale.

La distribuzione della terra ferma in longitudine vuole essere partitamente considerata nei due emisferi, *orientale* ed *occidentale;* ed in entrambi si determina la quantità compresa fra due meridiani consecutivi di grado in grado avanzandosi da ponente verso levante; poscia facendo i totali, di dieci in dieci gradi di longitudine, si ottengono i dati seguenti, che esprimono in chilometri quadrati la estensione assoluta delle terre comprese in ciascuno di quei fusi di 10 gradi ciascuno, e l'estensione relativa in gradi medii di latitudine supposti sensibilmente eguali fra loro.

I. Emisfero Orientale.

Longitudine	Superficie in chilom. quadrati	Media dei gradi in latitudine
0 a 10	2,202,000	19
10 » 20	4,542,000	42
20 » 30	5,077,000	50
30 » 40	8,830,000	86
40 » 50	9,536,000	93
50 » 60	7,553,000	75
60 » 70	5,670,000	59
70 » 80	3,978,000	49
80 » 90	3,895,000	49
90 » 100	5,078,000	57
100 » 110	4,463,060	58
110 » 120	5,493,000	65
120 » 130	5,606,000	66
130 » 140	5,830,000	66
140 » 150	4,737,000	55
150 » 160	4,574,000	52
160 » 170	3,234,000	37
170 » 180	913,000	15
Totale	94,205,000	Media 55,2

II. Emisfero Occidentale.

Longitudine		Superficie in chilom. quadrati		Media dei gradi in latitudine
180 a 170		670,000		11
170 » 160		503,000		8
160 » 150		108,000		2
150 » 140		426,000		8
140 » 130		629,000		12
130 » 120		515,000		10
120 » 110		778,000		14
110 » 100		2,033,000		29
100 » 90		3,392,000		45
90 » 80		4,413,000		53
80 » 70		3,499,000		43
70 » 60		3,545,000		42
60 » 50		6,980,000		75
50 » 40		6,742,000		64
40 » 30		4,715,000		46
30 » 20		2,915,000		34
20 » 10		589,000		12
10 » 0		233,200		6
	Totale	42,665,000	Media	28,6

Dal che emerge che la massima accumulazione di terre trovasi, per l' emisfero orientale, verso il 40mo grado di longitudine orientale; e, per l' emisfero occidentale, verso il 50mo grado di longitudine occidentale. La distanza, fra questi due massimi, è di 90 gradi, ossia del quarto della circonferenza.

La quantità delle terre accumulate nell' emisfero orientale è alquanto più che doppia di quella compresa nell' emisfero occidentale.

V.

Ma veniamo ora al terzo elemento che vuol essere considerato in ordine alla distribuzione delle terre sulla faccia del globo: all' altitudine, vale a dire alla posizione di un luogo *al di sopra* o *al di sotto* del livello del mare.

L'altitudine è infatti, *positiva* o *negativa*. Intorno alla negativa abbiamo gia tenuto discorso nella Lezione IX^a, trattando delle profondità dei mari; ci occorrerà però di aggiungere alcuni fatti in ordine alle depressioni continentali. L'altezza di un punto al di sopra del livello del mare misurasi con operazioni trigonometriche, o con livellazioni dirette, o finalmente coll'uso del barometro.

Era opinione accreditata fra gli antichi filosofi, che non esistesse montagna più alta nè mare più profondo di 10 stadi (circa 1800 metri). Un concetto analogo condusse, tra i moderni, l'illustre Laplace a fissare anch'egli *a priori* i limiti rispettivi dell'altezza media delle terre e della media profondità dei mari: dall'accordo che regna tra lo schiacciamento polare e la forza di gravità sulla superficie terrestre, quel grande geometra inferì che l'azione dei continenti e della loro base nei mari non turbi sensibilmente lo equilibrio generale dei mari stessi; per lo che le cavità dell'Oceano non possono essere molto profonde, e la media loro profondità esser deve dello stess'ordine dell'altezza media dei continenti e delle isole al di sopra del livello oceanico, altezza che non eccede, secondo lui, 1000 metri.

Con un lungo e sagacissimo lavoro, quale soltanto un genio eminentemente generalizzatore, come quello di Alessandro Humboldt, poteva concepire e condurre a compimento, questo filosofo ha dimostrato che le determinazioni di Laplace non erano esatte e che le cifre date da quel grand'uomo erano di gran lunga superiori al vero. Nella sua immortale opera *Asie Centrale* e poi nel *Cosmos*, il moderno Aristotele ha provato che l'altezza media delle terre continentali dell'America boreale non eccede 227 metri, e quella dell'America meridionale 344 metri; che l'Europa non emerge in media al di là di 204 metri; l'Asia 351 metri; e che, finalmente, l'altitudine media di tutta la parte emersa del nostro pianeta non supera 308 metri.

Questi numeri possono forse apparire troppo piccoli a chi ponga esclusivamente attenzione ai punti culminanti delle grandi catene di montagne, e sia quindi disposto ad esagerare il coefficiente col

quale entrano queste catene nella determinazione dell' altitudine media continentale. Ma questa media altitudine dipende assai meno da quei punti culminanti, da quelle vette che attraggono potentemente la volgare attenzione, anzi che dalla configurazione generale degli altipiani, dalle miti ondulazioni e dalle alternate pendenze delle valli, le quali influiscono ben più poderosamente, per la loro estensione e per la loro massa, sulla posizione di una superficie media, vale a dire sull' altezza di un piano che passi pel centro di gravità del volume dei continenti. Se supponiamo, per esempio, che la massa intera dei Pirenei, dei quali fu esattamente calcolata l' altezza media e la base, sia uniformemente ripartita su tutta la superficie della Francia, troveremo che il suolo di questa contrada non ne sarebbe alzato che di soli 3 metri. Del pari, se le rocce che formano la possente catena delle Alpi fossero disseminate sulla superficie dell' Europa intera, non ne aumenterebbero l' altezza che di 6 metri $^1/_2$. Egli è vero bensì che l' altezza del centro di gravità delle masse continentali subisce graduali, benchè lentissime, variazioni nel corso dei secoli. Le osservazioni (da me citate più volte) dei geometri e dei geologi europei, da Celsio e da Linneo in poi, sul progressivo sollevamento della Scandinavia, quelle di Darwin sul più gagliardo innalzamento della costa Chiliana e, in generale, della Cordigliera delle Ande, quelle di Lyell e di altri scienziati sugli innalzamenti e sugli abbassamenti di vaste contrade in Asia, in Oceania, in Europa e nell' America boreale, bastano per farci convinti che le altitudini medie trovate da Humboldt, vere ed attendibili nello stato attuale delle cose e della scienza, nol saranno già più in un futuro ordinamento del pianeta. Perpetuo moto ed incessante cambiamento, ecco la gran legge dell' Universo.

VI.

È questo, o Signori, il luogo opportuno di esaminare una questione, che ha lungamente occupato l' attenzione del mondo scien-

tifico, e sulla quale i dotti sono lontani ancora dal trovarsi perfettamente d' accordo.

I climi vanno essi soggetti a grandi ed estimabili variazioni? — La temperatura dei luoghi, sui quali si sono svolte le vicende storiche della razza umana, è essa più alta o più bassa o *eguale a quella ch'essi ebbero nelle età precedenti? — Il complesso delle condizioni fisiche, in mezzo alle quali il mondo vivente si sviluppa, e quello segnatamente alla cui influenza in più diretto modo soggiace l' umana specie, costituisce un tutto immutabile, oppur si cambia e si trasforma, e con quali leggi?*

Buffon, facendo prova di quell'ammirabile buon senso, che forma il più spiccato carattere del suo genio, sosteneva il principio che continui cambiamenti si operino sulla superficie e nei climi del globo. Al dire di Giorgio Cuvier, esistono ancora oggidì quattro cause attive, le quali contribuiscono ad alterare la forma dei continenti e, per conseguenza, a modificare i climi, vale a dire: 1.° le piogge e lo squagliarsi de' ghiacci; 2.° le acque correnti; 3.° il mare; 4.° i vulcani. Francesco Arago, nel dare le sue istruzioni agli ufficiali che intraprendevano il viaggio della *Bonite*, poneva, senza risolverla, la questione seguente: « La Terra, sotto il rispetto della temperatura, è essa giunta ad uno stato permanente? »; ed in una eruditissima monografia, quel dotto lascia molto dubbia la risoluzione del quesito, mostrando anzi d' inclinare piuttosto verso l' ipotesi della relativa costanza de' climi. Alessandro Humboldt è più esplicito ancora: « Vien domandato talvolta (dice il grande filosofo) se il corso de' secoli abbia sensibilmente modificato la temperatura media del globo, se il clima di una regione siasi deteriorato, se l' inverno non vi sia divenuto più mite e l'estate men calda. Il termometro è l' *unico mezzo* di risolvere cotali problemi, e la sua scoperta rimonta appena a due secoli e mezzo; non fu poi adoperato in modo razionale, che da una ventina d' anni. Così la natura e la novità del mezzo ristringono notevolmente il campo delle nostre ricerche sulle temperature atmosferiche ».

Ma, con tutta la venerazione che noi professiamo per l'insigne scienziato, siaci qui permesso di esprimere il dubbio che questa volta (unica forse in tutta la sua splendida carriera) egli abbia considerato il prepostosi quesito da un punto di veduta singolarmente ristretto e meschino. — *Aliquando bonus dormitat Homerus.* — Il termometro *unico mezzo* per risolvere il problema!.. E la vegetazione? E la distribuzione geografica delle piante e degli animali? E gli avanzi fossili? E l'ispezione delle varie formazioni geologiche? Non saranno essi questi documenti, in sì gran numero raccolti nei terrestri archivi, di alcun valore davanti allo spirito induttivo della scienza moderna?

Noi abbiamo passato in rassegna, o Signori, le leggi che governano tutti i grandi fenomeni della Fisica del Globo: le temperature atmosferiche, le correnti marine ed aeree, le idrometeore, l'elettricità, il magnetismo, la riazione delle interne forze contro la superficie del pianeta, ecc. ecc.; e qual'è, di grazia, la conclusione universale e costante, a cui lo studio di tutti questi fenomeni ci ha invincibilmente condotto, se non quella del perpetuo moto, del cambiamento continuo, delle reciproche conversioni e trasformazioni di tutte le forze, di tutti gli esseri che compongono il Cosmo? E non è egli precisamente in virtù di questa conclusione, che forma per così dire il verbo supremo della scienza della Natura, che noi fummo tratti a dare piena ed assoluta adesione a quella nobile e sapiente teoria delle *Cause Attuali*, che spiega con tanta semplicità e con non minore esattezza, non solo lo stato presente, ma eziandio la passata istoria del nostro pianeta? E sì è quando tutto si muove e cambia, quando assistiamo ai secolari mutamenti delle forze magnetiche, quando veggiam persino la tante volte decantata immutabilità delle specie non poter resistere ad un serio e filosofico esame, si è allora appunto che noi diremo che i Climi soli (cioè precisamente la risultante, di cui tutte le terrestri energie sono le componenti) rimangono invariabili, oppure che ci rifiuteremo a pronunciare un giudizio, sotto pretesto che *il termometro è di data troppo recente?* L'immutabilità

non esiste: un tempo vi fu, in cui questo privilegio fu accordato alla Terra, intorno alla quale le stelle danzavano; ma Vesta fu da Copernico sbalzata dal suo piedestallo di granito. L'astronomia moderna ha mostrato che neppur le stelle sono fisse, e che il sole stesso viaggia negli interminati spazi con una rapidità pari a 422,000 miglia al giorno. Il regno della vita si è rivelato anch'esso, dopo le immortali scoperte Darwiniane, animato da un immenso moto di circolazione e di trasformazione. Lasciamo dunque, di grazia, alle vecchie e rugginose instituzioni, figlie dell' ignoranza e della superstizione, il triste vanto di proclamarsi immutabili. La scienza, la vera scienza non conosce e non si appropria giammai il *Non possumus,* e sul suo tempio sta scritto il galileiano motto: *Eppur si muove!*

Enumeriamo ora, per quanto i limiti del nostro quadro ce lo consentono, alcune fra le precipue prove della mutabilità dei climi, o, più genericamente, di quella delle condizioni cosmo-telluriche del terrestre pianeta.

I. *Spostamento del letto dei mari.*

Il cotidiano movimento del mare da oriente ad occidente è, secondo il Buffon, una delle più efficaci cagioni dei cambiamenti onde la terra è teatro. Giusta quel sommo naturalista, il mare avrebbe guadagnato sulle coste orientali, così del nuovo come dell'antico continente, *uno spazio di circa* 500 *leghe.* Tutti gli stretti che uniscono i mari, sono diretti da oriente ad occidente: tali, lo stretto di Magellano, quelli di Hudson, di Ceylan, di Corea, del Kamtsciatkà. Il Mediterraneo, i golfi di Arabia, di Bengala, di Cambaia furono evidentemente formati dalla irruzione degli Oceani. Non può nutrirsi fondato dubbio che la Sicilia non sia stata staccata dal Continente Italico: il dotto Mazzoldi (per non citare altri) ne fornisce irrefragabili prove. Dopo gli studi accuratissimi dei geologi Inglesi e sovratutto di Lyell, è una verità dimostrata che la Gran-Bretagna formò già parte del Continente e faceva una cosa sola con la Francia, checchè ne possano pensare gli eterni fomentatori delle secolari antipatie fra le due nazioni.

Son noti i cambiamenti che hanno subito a più riprese i mari che circondano l'Italia. Le colonne del tempio di Serapide ce ne presentano una prova troppo nota, perchè noi insistiamo a descriverla. Ravenna fu già cospicuo porto di mare, a' tempi dell'Esarcato; ed Adria, oggi lontana dal mare, era porto sotto Augusto. Sulle coste di Francia, d'Inghilterra, di Olanda e di Prussia, del pari, il mare si è ritirato in molti luoghi. Uberto Thomas dice che il mare circondò altra volta le mura di Tongres, da cui oggi dista 35 leghe.

Per contro, il Baltico ha invaso a poco a poco una parte della Pomerania e coperto il porto di Vineta. Aigues-Mortes fu già porto di mare, ove Luigi IX s' imbarcò per la crociata nell' anno 1248. Attualmente la città dista 5 chilometri dal lido. E Damiata, di cui quel re s' impadronì nel 1249, era allora città marittima: oggi è lontana 9 chilometri dal Mediterraneo.

Io vi prego, o Signori, a leggere nel primo volume degli immortali *Principles of Geology* di Lyell (nuova edizione del 1867) una folla di altri simiglianti esempi di cambiamento relativo dei continenti e dei mari.

II. *Azione del mare sulle spiagge.* — Nell'opera stessa il succitato Lyell riferisce numerosissimi esempi di questa azione. Parecchi ne ho adotto anch'io nella X^a^ Lezione di questo mio Corso, là dove ho accennato alla enorme potenza meccanica che è posta in opera dalle onde marine. I frastagliamenti, le spezzature, le svariatissime forme delle scogliere, che ci presentano le sponde del mare, e delle quali la figura seguente (*Fig.* 106) offre un esempio tolto dal vero, altra causa non hanno che questa, la quale con l'andare dei secoli, produce enormi corrosioni, compensate altrove da accumulazioni, del pari enormi, di materia, bastevoli a trasformare notevolmente l'aspetto topografico e le geografiche condizioni di vaste contrade.

III. *Fiumi ed Acque correnti.* — Nella mia VIII^a^ Lezione ho già esposto un gran numero di dati tendenti a mostrare la enorme potenza modificatrice che le acque correnti possie-

dono ed esercitano, quando distruggendo, quando ricomponendo le forme solide delle terre; e nuovi fatti in proposito addurrò ancora nelle mie successive lezioni, consacrate alla descrizione dei vari sistemi idrografici esistenti sul globo. Giudico intanto qui opportuni i cenni seguenti.

L' Osso e l' Iassarte, due fiumi della Tartaria che anticamente erano affluenti del Caspio, portano ora, da cinque secoli circa, il loro tributo al lago di Aral; e gli abitanti del Kanato di Kiva attribuiscono il fatto all' alzamento di una parte della loro contrada ed al ribassamento dell' altra, prodotti da terremoti.

Nel 1767 il borgo di Neumarkt fu in-

Fig. 106. — Azione corrosiva del mare sugli scogli litorani.

ghiottito dalle acque dell'Adige, che avevano minato il terreno su cui esso sorgeva.

Il castello di Borge, in Norvegia, si affondò, il 5 febbraio 1762, in una sotterranea caverna scavata dal torrente Glommea, che scende dalle Dofrine.

Il 25 luglio 1825 nel villaggio di Barlis, nell'Annover, fu udito uno spaventevole rimbombo, come di tuono. Una nube di polvere oscurò l'aere ad un tratto e la terra si franò sur una larghezza di 40 metri, formando un baratro di cui si può concepire la profondità ritenendo che un sasso impiega, dicesi, un minuto primo per giungere al fondo.

In Irlanda, un gran numero di laghi si formano continuamente per l'avallamento delle torbiere. Della stessa origine è il lago di Arend in Prussia, e molti stagni in Polonia si formarono nella medesima guisa. Al dire di Strabone, fenomeni di simil natura si verificarono frequentemente nei dintorni del lago Copai, che è oggi una palude.

Nel 1792, varie case della città francese di Lons-le-Saulnier, crollarono, ed un lago, formatosi repentinamente, le sommerse, insieme ad un lungo tratto di strada, fra Lione e Strasborgo. Qui, come nei casi precedenti, erano le acque sotterranee che avevano prodotto il disastro.

L'azione corrosiva delle acque sulle montagne non si limita già soltanto a raderne la superficie e ad accumularne lentamente ma incessantemente i detriti nelle valli, ma assai di sovente precipita la caduta di enormi masse montane. Nel 1768 in Guascogna un monte crollò e, rovesciandosi nel letto d'un fiume, produsse una inondazione nel circostante paese.

Il 29 genn. 1840, il monte Casnans, nel Giura, discese nella pianura che stendesi alla sua base, ed una porzione della strada da Dijon a Pontarlier si affondò in un baratro di 50 metri di profondità.

Il 25 agosto 1618, due borgate intere furono sepolte in Val di Breglia (Lombardia) dallo scoscendimento di monte Conto, prodotto anch'esso dalla corosione esercitata dalle acque.

Nel 1248, una parte del monte Grenier, a 10 chilometri a mezzodì di Chambery, cadde o sotterrò ben cinque parrocchie e la piccola città di Sant'Andrea.

A Adersbach, in Boemia, un'area di 10 chilometri quadrati è tutta coperta di blocchi di grés, alti da 30 a 60 metri, avanzi di una montagna disfatta.

La montagna del Pizzo, nel territorio di Treviso, era rosa alla sua base dalle acque filtranti in tutte le sue fessure. Nel 1772 essa si spaccò in due, e una porzione cadde, seppellendo tre villaggi.

Potrei moltiplicare gli esempi; ma questi, unitamente a quelli, di un ordine più generale, addotti negli altri summentovati punti del mio Corso, bastano (ch'io creda) a porgere una sufficiente idea della possa metamorfica delle acque.

IV. *Riazione delle forze interne del globo.* — Il lento sollevarsi di immense catene di montagne, anzi di intere parti del globo, quale accade nel continente della meridionale America e nel Nord dell'Europa; l'abbassarsi di altre non meno vaste estensioni di suolo, come avviene in Australia e negli Arcipelaghi dell'Asia e dell'Oceania; le profonde ed amplissime alterazioni che nella topografia dei luoghi determinano i terremoti, l'emersione di materie solide, liquide ed aeriformi, prodotta dai vulcani attivi, cose tutte che già formarono l'oggetto di accurato studio per noi, sono altrettante cagioni di cambiamento nella costituzione della crosta terrestre e per conseguenza, nei climi, cagioni la cui potenza, moltiplicata pel lungo corso dei secoli, può veramente dirsi indefinita. Parlando dei soli terremoti, il Sig. Perrey, Professore a Dijon, ne ha catalogato, per la sola Europa Occidentale, un numero straordinariamente grande nel corso di meno che dieci secoli. Egli trovò, infatti, che vi furono:

Nel secolo	XI	10	terremoti
»	XII . . .	12	»
»	XIII . . .	11	»

	Nel secolo XIV . . .	10	terremoti
	» XV . . .	5	»
	» XVI . . .	16	»
	» XVII . . .	27	»
	» XVIII . . .	185	»
e nei primi 43 anni del	» XIX . . .	201	»

In quanto ai sollevamenti ed abbassamenti del suolo, io ne ho già fatto in varie parti di questo mio Corso parola troppo frequente, perchè sia qui necessario che mi trattenga lungamente a discorrerne. Mi contenterò quindi di segnalare l'influenza che indubbiamente esercitano fenomeni di questa natura sui climi delle contrade che ne sono il teatro. Innumerevoli sono gli esempi che ci offre la geologia positiva, di parziali oscillazioni di livello subite da molte regioni di area piuttosto limitata. Per ricordare uno di cotesti esempi che appartiene ad una delle più belle provincie del nostro paese, e che mi offre l'opportunità di attestare qui la mia sincera venerazione all'illustre Sig. Prof. Giuseppe De Notaris, il quale fu tra i primi a registrarlo, rammenterò quello della regione del Lago Maggiore, regione che, dall'ultimo periodo glaciale in poi, andò soggetta a vari alterni movimenti dell'indole succennata. Il sullodato naturalista, nella Prefazione della dotta ed elegante sua monografia sulle *Desmidiacee Italiche*, accenna alle notevoli prove che ci fornisce a tale proposito la geologia di quella regione; la quale fu, come le altre dei laghi subalpini, l'oggetto di profondi studi pel chiarissimo Sig. Professore Gastaldi.

In un ordine più generale di fatti e di idee, sono oggimai posti fuori di contrasto il lento sollevarsi della penisola Scandinavica, dello Spitzberg, della costa di Siberia, della Scozia, del Galles, delle regioni Mediterranee, del Chilí e del Perù; ed il pure lento abbassarsi dei lidi della Manica, della Olanda, dello Schlesvig, della Prussia, della Plata, del Brasile, della Giorgia, della Carolina e della costiera orientale della Nuova Olanda.

Or bene, cotesti cambiamenti di livello, stendentisi su smisurate aree di terreno, e le conseguenti variazioni determinate nei rapporti fra le superficie oceaniche e le terrestri, debbono, di tutta necessità, produrre, a lungo andare, notevolissime alterazioni nelle condizioni climatiche delle varie parti del globo.

Tutto cambia, tutto è mobile nell'Universo, perocchè il movimento è la condizione prima della vita.

V. *L'Uomo.* — Ho già più volte avvertito che, se l'uomo è, da una parte, soggetto alle molteplici influenze del mondo esteriore, vuol essere, dall'altra, considerato come un energico agente di modificazione della terra su cui vive. Io non posso, o Signori, che nuovamente invitarvi a leggere la bella opera che su questo argomento pubblicò, non ha guari, il dotto Sig. Marsh, intitolata: *Physical Geography, as modified by human action.* « La potenza dell'uomo (dice Buffon) può opporsi al raffreddamento della terra e scaldare un clima, distruggendo le foreste, incanalando i fiumi, coltivando il suolo. Tutti gli esseri dotati di movimento progressivo sono altrettanti piccoli focolari di calore; l'uso abitnale del fuoco contribuisce anch'esso a creare questa temperatura artificiale ».

Senza parlare delle circostanze storicamente ed economicamente eccezionali, nelle quali questa azione modificatrice dell'uomo si è esercitata su vastissima scala, come quando gli Europei, dopo la scoperta dell'America, immigrando in quelle vergini regioni, vi portarono le arti, i vizi, i prodotti, la civiltà ed i viventi del mondo antico, la potenza metamorfica della nostra specie sulla topografia e sui climi si manifesta costantemente e senza posa.

L'esempio delle Paludi Pontine, che si stendono da Astura, ove Cicerone fu assassinato, fino a Terracina, patria di Galba, mostra ad un tempo il potere che hanno le civili società di resistere alle cagioni d'insalubrità, ed il poco durevole successo de' loro sforzi, non appena la loro previdenza si addormenti; come quello della Maremma Toscana ci ricorda, da un lato, la pestifera influenza che ebbero sulle sorti del bel paese le scorrerie bar-

bariche e sovratutto la incursione delle soldatesche malaugurate di Carlo V, e, dall'altro, la benefica azione che la scienza e la filantropia di un Fossombroni e di un Ximenes possono esercitare sulle condizioni, anche puramente fisiche, di una vasta contrada.

Le *Dune* dell'Atlantico si andavano da secoli e con sicuro ed inesorabile incesso avanzando, e già minacciavano di cambiare in uno squallido deserto i ricchi vigneti del Bordelese, quando il benemerito ingegnere Bremontier ne fermò, quasi per incanto, la progressione, con un ben congegnato sistema di piantagioni. Egli disse veramente alla sabbia: *Usque huc venies, et non procedes ultra!*

Una moderata vegetazione, coprendo il suolo, è cagione di mite temperie, e può considerarsi come un centro di radiazione calorifica. Vi hanno momenti (ben dice l'illustre chimico Dumas), in cui la pianta si fa animale; essa diventa, al par di questo, apparecchio di combustione; brucia carbonio ed idrogeno, svolgendo calore. Se, infatti, un embrione si sviluppa, se un fiore è fecondato, se una grana, un tubero amilaceo viene a germinazione, immediatamente il calore si svolge da queste vegetali elaborazioni, si produce subito acido carbonico ed acqua.

Ma una vegetazione esuberante, eccessiva, è (come già accennai altre volte) cagione di raffreddamento, e vuol considerarsi come un centro frigorifico. Le piante, infatti, si raffreddano più assai del suolo, durante la notturna irradiazione. Gli alberi inoltre assorbono l'umidità dell'aria, e pompano con le loro radici quella della terra; talchè il viandante che traversa una foresta, è avvertito subito dei vapori che la ingombrano da un'umida frescura.

Da tutte le considerazioni che precedono noi siamo dunque autorizzati a concludere, che i climi non sono punto permanenti ed immutabili, ma si modificano e cambiano, come tutte le altre cose della terra.

Ma quali cambiamenti hanno subito e quali è probabile che subiscano, sotto l'influenza delle mentovate cagioni, le condizioni climatologiche delle differenti contrade?

Digitized by Google

Ad una tale domanda, così formolata, io credo impossibile in assoluto modo rispondere. Prima di tutto, fra le cause modificatrici che abbiamo enumerate, non esiste alcuna necessaria contemporaneità di azione, nè alcuna uniformità di tendenza. Talvolta ed in dati luoghi prevalgono le cagioni benefiche, tal' altra ed in altre regioni è assoluto l'impero delle malefiche. Qui sono i fattori calefacienti, là i refrigeranti quelli che predominano.

Se consideriamo il globo terrestre nella sua interezza, non è lecito il dubitaro ch' esso andò già, nelle remote età geologiche, soggetto ad alterne vicende di climi, fra loro differentissimi. Nei periodi, durante i quali le masse oceaniche ne occuparono quasi la totalità, le condizioni generali climatiche furono, senza dubbio, profondamente diverse da quelle dell' epoca attuale; come diverse furono quelle della età glaciale, o, per dir meglio, delle varie età glaciali, che si sono ripetute volte succedute. D'onde si scorge che, se noi riconosciamo perfettamente che le medie temperature delle varie parti del globo subirono, nelle epoche antecedenti, notevoli cambiamenti; e se fra quelle epoche alcune al certo ne furono, nelle quali la quantità di calore alla superficie terrestre fu maggiore assai di quella oggi esistente; se le linee isotermiche dell'epoca del Mammouth di Siberia seguivano un andamento che nulla ha di comune con quello delle corrispondenti linee attuali; — non possiamo però in modo alcuno soscrivere a quella teoria, propugnata dalla scuola geologica francese dominante ancora 10 anni or sono, secondo la quale il globo intero andrebbe soggetto ad un continuo e progressivo e generale raffreddamento. Io credo di aver provato in tutto questo mio Corso che la Natura rifugge da queste leggi assolute ed inflessibili, e ch'essa punto non obbedisco a queste sognate rivoluzioni.

Ma se, per lo contrario, limitiamo il nostro discorso alla storia dei climi delle differenti regioni, ci affrettiamo tosto ad affermare, che le più radicali trasformazioni sono avvenute, delle quali è perfettamente possibile assegnare non solo le cagioni, ma persino la misura ed il valore.

Il Sig. Darwin, viaggiando nella Cordigliera delle Ande, osservò in moltissime parti ed a grandi altitudini, case antiche di Indiani, abbandonate, in luoghi nella cui vicinanza non era pur un filo di acqua potabile, in mezzo ad un suolo completamente sterile, senz'altra vegetazione, fuorchè quella di magri e stecchiti Licheni. Egli non esita un istante a dichiarare che, quando i primitivi abitatori di quelle capanne le edificavano, il clima dell'alto Chili era molto più mite dell'attuale; e che i cambiamenti sopravvenuti, non solo nella temperatura, ma eziandio nella topografia e nella natura stessa del suolo, e i quali obbligarono gli abitanti a disertare la contrada, sono l'effetto del lento ma continuo sollevamento delle potenti masse della Cordigliera.

Rispetto al clima storico dell'Italia, le più vive controversie si sono dibattute fra i dotti. Fu un tempo accreditata opinione che esso fosse anticamente assai più rigoroso e più freddo, che non sia oggidì. R. W. Rothman l'ha combattuta, fondandosi particolarmente sul fatto che, da tempo immemorabile, l'olivo è coltivato nel Lazio. Seguendo la stessa tesi, l'erudito storico della *Economia politica dei Romani*, Dureau de la Malle, ha cercato dimostrare che, da venti secoli, il clima dell'Italia non ha subito cambiamento veruno. Egli ne adduce in prova un gran numero di testi, secondo i quali, sugli stessi luoghi e ad altezze eguali, le epoche delle seminagioni, delle fioriture, delle raccolte e delle vendemmie si sono conservate identiche. La stessa opinione, della invariabilità del clima italico, è sostenuta dal Sig. Foissac nella sua *Meteorologia nei rapporti con la scienza dell'uomo*. È da deplorarsi che i meteorologi ed i fisici dell'Italia, molti dei quali si sono occupati con successo di dettare belle monografie sulle peculiari condizioni climatiche di questa o quella fra le provincie nostre, non abbiano finora pensato a studiare, da un punto di veduta abbastanza generale, la storia del clima della penisola, lasciando ad uno straniero, al Dott. Ed. Carrière, autore di un grosso volume intitolato: *Le Climat de l'Italie sous le rapport hygiénique*

Digitized by Google

et médical, la gloria di investigare scientificamente le molteplici questioni che vi si riferiscono.

In quanto a me, dichiaro che assai difficile mi riesce lo ammettere la tesi, così assoluta, dei succitati scrittori, circa ad una permanenza invariabile del nostro clima. In presenza di fatti, come quello dello sboscamento che ha denudato una così sterminata porzione del nostro Appennino, o come quello delle acque palustri lasciate accumularsi in tanta parte del continente italico e delle sue isole, in presenza della insalubrità radicatasi pur troppo da secoli in regioni, celebrate una volta per la loro densa e felice popolazione, mi sembra, invero, impossibile lo affermare seriamente che la temperatura, l'igrometria e le altre condizioni meteorologiche del nostro paese non abbiano subito variazioni.

Tutta l'Europa, del resto, ha veduto, nei tempi storici, notevoli cambiamenti ne' suoi climi. Quello della Francia, per esempio, secondo il Dott. Fuster di Montpellier *(Des Changements dans le climat de la France, Histoire de ses révolutions météorologiques)* era anticamente assai più rigido che al presente; e andò raddolcendosi, a cominciare dai primi secoli dell'Èra Cristiana, diventando ad un tempo meno piovoso, più caldo, più equabile e meno agitato. In una delle lettere di Giuliano imperatore, il quale, com'è noto, soggiornò lungo tempo nella sua cara Lutezia, la Senna è dipinta come ghiacciata in una solida massa; fenomeno oggi rarissimo. Negli annali di Genova mia, si ricordano, del pari, vari esempi di parziale congelamento nelle acque del suo porto.

Ma io eccederei soverchiamente i limiti al mio intento assegnati, se entrassi in maggiori particolarità intorno ad una questione, sulla quale credo di avere abbastanza chiarito il mio concetto, per essere pienamente autorizzato ad affermare che i climi, come la topografia ed i fenomeni tutti attinenti alla meteorologia ed alla fisica del globo, obbediscono a quella legge di continuo movimento e d'incessante trasformazione, che impera su tutto l'Universo.

Digitized by Google

LEZIONE XXV.

Costituzione della superficie del globo

(*Segue*)

Orografia

—

SOMMARIO

Differenti caratteri della struttura orografica del Nuovo e dell' Antico Continente. — Descrizione delle catene montane dell' Europa, dell' Africa e dell' Asia. — Descrizione delle grandi depressioni del suolo nell' antico continente. — La Steppa. — Il Deserto.

I.

Signori,

Uno sguardo che noi volgiamo sopra un buon atlante dei sistemi montani del globo (qual' è per esempio quello pubblicato dal Sig. Keith Johston), ci basta per tosto osservare il contrasto che esiste fra quelli dell'Antico e quelli del Nuovo-Mondo. In quest'ultimo, due fatti estremamente singolari e notevoli campeggiano: primo, cioè, una generale, uniforme direzione delle catene di montagne nel senso dei meridiani; secondo, una costante continuità fra tutti gli anelli di questa catena, non mai interrotta, fuorchè in pochi piccoli intervalli, nello stretto istmo che congiunge le due Americhe, e prolungantesi dall' orlo estremo dell' Oceano Artico, fino alla più meridionale punta della piramide americana, sopra 120° di latitudine o 7200 miglia geografiche, lungo la costa occidentale del-

Digitized by Google

l'immenso continente, seguendone tutte le flessioni nella parte meridionale di questo, e nella boreale allontanandosene sempre meno di quello che accada alle catene di tutte le altre parti del globo.

Un terzo meno catteristico fatto che il sistema montano di America ci presenta, si è la sua tendenza a schierarsi in una doppia e talvolta tripla fila di giogaie, parallele fra loro, non su brevi distanze, ma per molte centinaia di miglia.

Dal complesso di questi fatti chiaro apparisce come l'intera massa del Nuovo-Mondo sia stata determinata da una sola benchè lenta e graduale emersione, più energica sulla sua parte più occidentale, meno possente sulla orientale, ma diretta in un unico senso.

Quanto differente da questa è la condizione dell'antico Continente! Noi non troviamo qui una sola ben definita continua catena, ma molti e fra loro separati sistemi di montagne; qui nessun parallelismo con le linee di costa marina, ma una serie di nodi massicci, traversanti l'intera massa delle terre in una generale direzione prossima ad angoli retti coi meridiani, nel cuore stesso dei continenti e procedenti dall'estremità occidentale d'Europa e di Africa fino alle rive del Pacifico.

Ciò posto, volgiamoci ora alla descrizione delle principali forme orografiche del nostro pianeta, cominciando appunto da quelle dell'antico continente.

II.

La sua figura generale è stata determinata da una immensa zona di sollevamenti, che stendesi dal 30° al 40° paralleli di lat. boreale, e che si prolunga dall'O. S. O. all'E. N. E., dai lidi del Marocco e di Portogallo sull'Atlantico, sino alla più remota estremità dell'Asia sullo stretto di Behring, sul Pacifico settentrionale. In questa vasta zona montuosa è ciò che già chiamai la spina dorsale

del continente, ed ai due lati di essa pianeggiano altrettante grandi depressioni, l'una delle quali, a Nord, occupa, quasi senza interruzione, gli spazi interposti fra i Pirenei e le orientali catene asiatiche, e l'altra a sud, è più frastagliata e più varia d'aspetto.

L'estremità occidentale della grande zona montana è formata dalle giogaie dell'Atlante in Africa e dalle catene ispaniche in Europa. Le prime suddividonsi in tre parti: 1.° il Grande Atlante, che dal capo Gher, sull'Oceano, si stende fino alla Piccola Sirte, formando, nel Marocco, un nodo di alti monti da perpetue nevi coperti; 2.° il Piccolo Atlante, che comincia al Capo Spartel, rimpetto a Gibilterra, e va, presso Tripoli, a morire nella pianura della Sirte Maggiore; 3.° il Medio Atlante, che sta fra le due mentovate catene e costituisce, pinttostochè una serie di vere montagne, un altipiano, ricco di belle vallate e da mite clima allegrato.

La penisola Ispanica è essenzialmente formata da una grande catena, da cui quattro catene minori si staccano, correndo dall'E. N. E. all'O. S. O., diagonalmente, sino all'Atlantico. La catena madre è la Pirenaica, che dalla Baia di Biscaglia si protende sino al Mediterraneo. Essa è assai più ripida ed aspra sul versante francese, che non sullo spagnuolo. Presso al loro limite più boreale, i Pirenei, inclinandosi verso l'Atlantico, diventano i dirupati monti di Cantabria, celebri per avere nelle loro gole ricoverato gli invitti guerrieri del Cid, e per essere la stanza della appartata e solitaria razza dei Baschi, la cui etnografia forni argomento ai più ragguardevoli studi dei dotti Antropologi, dopo l'iniziativa assunta da Guglielmo Humboldt. Tra le catene secondarie che dalla Pirenaica si diramano, due, cioè la Guadarrana e la Sierra di Toledo, traversano nel suo centro l'altipiano iberico; una, la Sierra Morena, corre sul suo lembo meridionale; e l'ultima, la Sierra Nevada, stendesi nell'Andalusia e nella Granata.

Una serie di poco elevati rialti, precipui dei quali sono le Montagne Nere e le vulcaniche piattaforme dell'Alvernia, sono quasi continuazioni ed appendici delle montagne maggiori pur dianzi descritte, ch'esse uniscono, attraverso alla Francia, a guisa

di anelli intermedii frapposti alle catene più occidentali ed alle centrali ed orientali di Europa.

III.

A levante del Rodano, la zona montuosa si rialza, per mezzo di secondarie terrazze e di alterni gruppi, sino alla grande catena Alpina. Comincia questa presso ai confini occidentali dell'Italia, convergendo subito all'O. ed al N. fino al Monte Bianco; quindi si volge ad E. N. E. e traversa i Grigioni ed il Tirolo, sino là dove hanno termine le Alpi Superiori, con una lunghezza di 420 miglia. Le più alte montagne d'Europa sono comprese in questo spazio. Rami secondari, ma giganti anch'essi, si staccano dalla catena delle Alpi Bernesi che, partendo dal S. Gottardo, separano il Vallese dal cantone di Berna. Presso il Gross-Glockener, la grande catena, fin là unica ed indivisa, spaccasi subitamente in due rami, le Alpi Carniche e le Alpi Noriche; quindi, sotto il nome di Alpi Giulie, corre ad unirsi alla catena del Balcano.

Uno sguardo superficiale sulla carta delle Alpi non vede, in quell' agglomerazione di monti, fuorchè un disordinato caos di erte rupi e di ghiacciate cime. La scienza però non tarda a riconoscervi una disposizione simmetrica e regolare ed una concatenazione di varie separate masse, proiettanti da un centro diversi rami in tutte le direzioni, come i raggi di una immensa stella.

La classificazione dei gruppi alpini è stata fatta con un triplice criterio, a seconda che si è considerata sotto il rispetto *geologico*, o in ordine alla *geografia fisica* propriamente detta, o infine per riguardo alla *geografia descrittiva*.

Fra le classificazioni geologiche, è celebre quella che il Sig. Desor ha recentemente fondato sulla considerazione dei diversi nodi di granito e di protogeno, i quali hanno traversato e metamorfosato le rocce più recenti. Quello scienziato dichiara che, a questo

titolo, il sistema alpino comprende non meno di *una cinquantina* di anelli diversi.

Ma la Geografia Fisica, considerando piuttosto la *disposizione* ed il *nesso* reciproco, anzichè la *natura* intima della rocce, presenta una classificazione molto più semplice. Essa parte dal nodo centrale di tutto il sistema, che è quello del San-Gottardo, tra la Svizzera e l' Italia, là dove si ripartono le acque del Reno, del Ticino, del Rodano, dell' Aar e della Reuss, — possente nodo, al quale vengono a congiungersi, come altrettanti raggi, le creste degli altri nodi circostanti. A N. E. si aderge il gruppo del Tödi; all' E., quello del Rheinwald; all' O. e al S. quelli, più poderosi, del Finsteraarhorn e del Monte Rosa. Quest' ultimo si collega, più a ponente, con quello del Monte-Bianco; ma quivi il sistema alpino cambia di direzione, e si inflette a mezzodì. I due primi gruppi che si alzano da questo lato, sono quelli del Gran Paradiso, che domina le valli del Piemonte, e quello della Vanoise e della Grande-Casse, che separa le valli della Tarantasia da quelle della Morienna. A mezzodì si ripiega un altro grande anello, tagliato dalla strada del Cenisio, e che va, attraverso a tortuose creste, a raggiungere le masse delle Grandi Rosse e di Belladonna all' O., quello del Grand Pelvoux a S. O., quello del Viso a mezzodì. Quest' ultima stupenda piramide separa le Alpi del Delfinato dalle Marittime, e da lei si diramano le ultime pendici terminali dell' Italia e della Francia.

Sotto il rispetto geografico-descrittivo, l'alta muraglia delle Alpi, lunga in arco 650 miglia geografiche, viene comunemente ripartita in 12 sezioni dai Geografi: 1.° *Alpi marittime*, in direzione dal S. al N., dal golfo di Genova fino al Monviso; 2.° *Alpi Cozie*, da quest' ultimo monte fino al Cenisio; 3.° *Alpi Graie*, dal Cenisio fino al Monte Bianco; 4.° *Alpi Pennine*, che vanno dall' O. all' E. fino al Monte Rosa; 5.° *Alpi Leponzie* od *Elvetiche*, tra il Rosa ed il S. Bernardino; 6.° *Alpi Retiche*, dal S. Bernardino fino al Picco dei Tre Signori; 7.° *Alpi Noriche*, che traversano il Salisborgo, la Stiria e l' Austria; 8.° *Alpi Bernesi* che, staccandosi dalle El-

vetiche, separano gli affluenti dell' Aar, da quelli del Rodano; 9.° *Alpi del Vorarlberg* o *di Svevia*, che isolano gli affluenti del Reno da quelli del Danubio; 10.° *Alpi Carniche*, le quali, partendo dal Droi-Herren-Spitz, separano il bacino dell' Adige da quello della Drava; 11.° *Alpi Giulie*, che, legandosi alle Carniche, formano la valle della Sava; 12.° *Alpi Dinariche*, anello di congiunzione tra lo Alpi ed il Balcano.

A settentrione della catena alpina, la grande zona montana di Europa proietta i Monti Germanici. Sui confini della Boemia e della Baviera, sorge la catena Ircana, che copre un'area di 9,000 miglia quadrate. Ad oriente di questa, corrono i Sudeti, i quali, fatto un lungo circuito attorno alla Boemia, terminano nella piccola ma elevata pianura dell' Oder Superiore. Quivi si collegano ai Carpati, che, attraverso all' Ungheria ed alla Transilvania, vanno al Danubio, il quale li separa da un ramo secondario dei Balcani.

A mezzodì, si staccano dalla mole alpina gli Appennini, cominciando dalle Alpi marittime, presso il colle di Cadibona, circondando il golfo di Genova, scorrendo tutto lungo l' Italia fino alla Calabria, ove, bipartendosi, mandano un ramo a S. E. al Capo di Leuca, sul golfo di Taranto, l' altro al Capo Spartivento, nello stretto di Messina. Le montagne cristalline della Sardegna e della Corsica sono parti disgiunte dell' Alpe Marittima, come le montagne Sicule sono una evidente prolungazione dell' Appennino.

I Balcani cominciano là dove lo Alpi finiscono, con un lungo rialto, che a poco a poco si solleva alle erte cupole dello Scandach, antico Scarno, di perenni nevi coperto; poi succede un altro ripiano fin presso alla città di Sofia, dove l' Hemo si aderge, correndo in lunghi filari paralleli fino al Mar Nero, e dividendo le acque del Danubio, da quelle che vanno alla Propontide.

Ramificazioni delle Alpi Giulie stendonsi nella Dalmazia e nell' Albania, la quale è, mercè della catena secondaria del Pindo, separata dalla Tessaglia e dalla Macedonia.

IV.

Interrotto per brevissimo tratto dai Dardanelli e dal Mar di Marmara, l'immenso cerchio montano travalica in Asia.

La catena del Tauro (*Djebel-Kuria* dei Turchi) occupa l'Asia Minore: cominciando dai golfi di Satalieh e di Coo in due distinti rami, che poscia si congiungono in uno, essa va, sinuosa e frastagliata, fino all'Eufrate, a 38.° circa di latitudine boreale. Il vero Tauro costeggia il meridionale lido dell'Asia Minore; l'Anti-Tauro ne traversa la parte centrale; ed una catena più settentrionale si stende parallela alle sponde del Mar Nero. Il Sogut-Dagh, una delle più elevate cime di questo massiccio sistema, nel pascialico di Hamid, raggiunge l'altezza di 4700 metri.

Maestosa e per lungo tempo inaccessa alla tirannide moscovita, la catena del Caucaso, separando l'Europa dall'Asia, si espande tra il Mar Nero ed il Caspio, ed è un anello disgiunto dalle alte terre asiatiche, correndo dal 40mo al 45mo grado di lat. settentrionale, e dal 33° al 47° di longit. orientale. La precipua sua parte va da S. E. a N. O., dalla penisola di Apcheron, alla fortezza di Anapa, sur una lunghezza di circa 350 chilometri. Ma varie catene secondarie se ne diramano, a destra ed a manca; a N. l'Elvend e l'Elbruz (i *Ceraunii Montes* degli Antichi); al N. O. le colline che fronteggiano il Mar Nero (*Caraxici Montes*); anco le alte montagne della Crimea (*Chersonesus Taurica*) sono da considerarsi come dipendenze geognostiche del Caucaso; ed infine, a S. O., le estreme diramazioni di qnesto sistema vanno a congiungersi con quelle del Tauro. Le precipue vette della catena Caucasica sono l'Elbruz, il Mqninwari o Kasbek, ed il Chat-Elbruz, sui confini del Daghestan.

Irte di alte montagne sono le regioni dell'Armenia, del Kurdistan e dell'Azerbigian, e su tutte torreggia maestoso l'Ararat, solitario

cono vulcanico, avvolto da perpetue nevi e sacro nelle bibliche leggende.

Dal margine estremo dell' Armenia, e mantenendosi parallele alle spiaggie del Mar Caspio, si staccano le montagne Persiane, delle quali il picco vulcanico del Demavend, presso Teheran, è il punto culminante. A levante di questa montagna, l' altitudine della catena diminuisce, fino a che raggiunge le giogaie del Paropamiso. Veduta dalle basse pianure del Khorassan e del Balkh, ella sembra elevatissima; ma sul rialto persiano, non forma che una larga e montuosa terrazza. Il Paropamiso od Indo-Koh comincia dalle frontiere della Persia, e va fino alla sponda del fiume Indo, occupando gli spazi compresi fra il 34° ed il 36° di lat. N., ed il 59° ed il 79° di long. E.

Quivi è la grande piattaforma centrale dell' Asia, che comprende le più gigantesche montagne del nostro globo. Dall' estremità orientale dell' Indu-Koh dilungasi nel Cabulistan la grande Catena dell' Imalaia (*Imaus* od *Eurodus* degli Antichi) formando il confine fra il Tibeto e l'Indostano dal 25° al 35° di lat. N. e dal 72° al 95° di long. E. La Catena principale dirigesi da N. O. a S. E. attraverso alla parte settentrionale della Casmiria, del Ghernal, del Nepaul e del Butan. Ecco le belle parole con le quali la illustre Signora Maria Somerville ci pinge le incomparabili bellezze di quella maestosa Natura: « I picchi più elevati, scevri di nevi, presentano grande svariatezza di colori e di forme. Durante il giorno, la enorme altitudine delle montagne, la loro estensione interminabile, la varietà e le ricise loro figure, e sopratutto la soave chiarezza dei loro lontani lineamenti sfumantisi in un pallido turchino di cielo, contrapposto al cupo sovrastante azzurro, è cosa descritta qual dipintura di selvatica e meravigliosa beltà. A mezzanotte poi, quando miriadi di stelle scintillano pel negro cielo, ed il puro azzurro de' monti apparisce anco più fosco sotto il pallido-bianco fulgore della terra e della neve, l'effetto è d'incomparabile solennità; nè lingua può descrivere lo splendore dei raggi del sole, all'aurora dardeggiante torrenti di luce tra gli alti picchi gettanti

le ombre loro gigantesche sulle sottostanti montagne. Colà, molto al di sopra de' luoghi ove l'uomo può stanziare, non esiste cosa viva, non suono si sente; l'eco stesso dei passi del viaggiatore lo impaura in quella sacra solitudine e in quel terribile silenzio, che dominano l'augusta dimora delle nevi sempiterne ».

V.

Dalla estremità orientale dell' Imalaia partono diverse e lunghissime catene secondarie, le quali, stendendosi in direzione meridionale ma divergente, si allargano, come raggi di un immenso ventaglio, traverso allo contrado posto all' E. del Gange e nella penisola Indo-Cinese. La più vasta di quelle catene è la Birmano-Siamese, la quale, dividendo il Birman dal Siam, si protende fino al Capo Romanin, che è la punta meridionale della penisola di Malacca e l' estremità più australe di tutto il continente Asiatico, prolungandosi poscia nelle isole di Sumatra, di Banca e di Biliton. Le altre principali catene dell' India Trasgangetica, sono la Laos-Siamese, che forma il confine orientale del regno di Siam, e la Annamitica, che separa il Tonchino e la Cocincina dall' impero di Annam.

La penisola Cisgangetica o Indostano, riproducendo in proporzioni dieci volte maggiori la nostra Italia, si appoggia, come questa allo Alpi, alla grande catena Imalaica; ha anch' essa i suoi Appennini, nella doppia giogaia dei Ghati, che si staccano dall' Imalaia, dividendosi in Ghati occidentali, dalla foce del Tapty al Capo Comorino, ed in Ghati orientali nelle provincie di Salem, Carnatico, Balaghat, fino al Krichna. Vari contrafforti dipendono da queste due principali catene: i monti Nilgherri o Azzurri, anello di congiunzione tra i due rami dei Ghati; i monti del Berar, che separano i bacini del Tapty e del Godavery; i monti Vindhia, tra la Nerbuddah, la Jumnah ed il Gange. I monti dell' isola di Cei-

lan, come i monti di Sicilia relativamente all' Appennino, sono la continuazione degli Appennini Indiani.

Il freddo e sterile altipiano del Tibeto è il gran nodo centrale, da cui si staccano, a sud, le sommità dell' Imalaia e le loro vaste appendici, a nord la catena degli Altai, che lo separa dalle pianure siberiane, all' ovest la catena del Bolor o Belor-Tagh, che sparte le acque dell' Osso da quelle della Tartaria Cinese; mentre a nord-ovest di quel medesimo rialto centrale, prendono origine i monti King-han, separando l' altipiano della Mongolia dal paese dei Manciuri, ed andando ad unirsi, ad angolo retto, col ramo Yablonoi della grande Catena Altaica. Questa si aderge sulla destra sponda del fiume Irtisch all' angolo N. O. dell' altipiano centrale dell' Asia, ed in linea serpeggiante si protende fino al Pacifico, a mezzodì del golfo di Okhotzk; costeggiato il quale, si prolunga allo stretto di Behring, terminando al Capo Orientale. I monti di Sayansk e di Zongun, diramazioni settentrionali e centrali della catena degli Altai, formano un nodo montuoso, che si insinua nelle pianure siberiane, ed è celebrato per le sue notevoli ricchezze metalliche. La Catena del Baikal, quella della Dauria ed i già mentovati monti Yablonoi, sono altrettante anella del sistema altaico.

Tre altri sistemi appartengono ancora al centro dell' Asia, due dei quali traversano diagonalmente l' altipiano: il Kuenlun, che si stacca dall' Indu-Koh, e le montagne di Ghiaccio, parallele all' Imalaia. Il terzo è l' alto sistema Tartaro del Thian-Shan, il cui punto culminante è il vulcano di Bogda-Oola; e tra questa catena e l'Altai, giacciono quelle pianure di Zungaria e di Mongolia, dalle quali tante volte partirono i più feroci conquistatori del mondo. Il grande deserto di Gobi, vasto mare di sabbia, qua e là interrotto da bassi o duri roveti, occupa una immensa superficie sull' altipiano.

VI.

Io vi ho sin qui delineato, o Signori, la grande zona montana che, a guisa di spina dorsale, corre tutto lungo l'antico continente, da ponente sull'Atlantico, a levante fin sulle estreme rive del Pacifico. Tutti i precipui sistemi orografici di questo emisfero possono, infatti, riguardarsi come formanti un sol tutto, orientato precisamente nel modo anzidescritto. Vi hanno però alcuni sistemi, che non si lasciano ricondurre a questa generale direzione, siccome quelli che ne hanno una quasi perpendicolare alla zona principale montana.

Tale è il sistema delle Dofrine od Alpi Scandinaviche, nel nord dell'Europa, le quali traversano in tutta la sua lunghezza la penisola Scanica, dividendo la Svezia dalla Norvegia. Questa catena, ricca di ferro, rame, piombo, arsenico, cobalto ed argento, e potentemente sollecitata dalle forze interiori del globo, che la innalzano nella ragione media di circa un metro per ogni secolo, sparte le acque del Baltico da quelle del Mare Germanico.

Le montagne delle Feroer, della Gran-Bretagna, dell'Islanda e le parti nord-est dell'Irlanda, hanno gli stessi caratteri e la medesima generale direzione dei monti Scandinavici; talchè può argomentarsi che tutti questi gruppi siano stati sollevati da forze operanti in linee parallele, e possono riguardarsi come insieme formanti un solo sistema.

La seconda notevole eccezione alla legge di direzione equatoriale de' sistemi montani nell'antico continente, è quella costituita dalla catena Uralica, limite tra l'Europa e l'Asia, e che si stende dal lago di Aral e dal Mar Caspio, sino alla estremità settentrionale della Nuova Zembla, nell'Oceano polare Artico. — Questa lunga ma poco elevata catena è la sola interruzione che si trovi nell'uniforme livello della grande pianura settentrionale, che dalle rive dell'Atlantico in Europa, si stende fino a quelle del

Pacifico in Asia. Questa vastissima spianata occupa una superficie di 4500 miglia geografiche; nella sua parte europea, essa è altamente coltivata e produttiva e comprende, in Francia, nell'Inghilterra, nell'Olanda, nel Belgio e nella Germania, le contrade più incivilite e possenti del globo. Ma verso l'estremità orientale dell'Europa, e più ancora in Asia, la pianura assume il carattere speciale della *Steppa*, deserto inculto, privo di alte piante, coperto di arbusti e di roveti.

Anche le ubertose regioni dell'Europa occidentale e centrale, sede dei popoli più ricchi e più civili della terra, contengono però non piccole estensioni di lande, di brughiere e di inculte e deserte pianure.

Tali sono, cominciando a ponente, le famose *Lande di Guascogna*, vaste superficie di fina e bianca sabbia, mista qua e là a detriti vegetali, che le danno un colore grigiastro, come di cenere, le quali si stendono dalle rive dell'Oceano Atlantico, fino allo spartiacqua d'onde divergono l'Adour e la Garonna, formando un grande triangolo isoscele. Al di sotto dello strato superficiale sopra descritto, giace una falda agglutinata di sabbia, del color della ruggine, ed avente molta apparente analogia col grès ferruginoso. Questa sabbia compatta, designata nelle lande del Medoc col nome di *Alios*, deve il suo colore e la sua durezza alla continua filtrazione delle acque piovane, che seco trascinano sostanze organiche in dissoluzione, ed intimamente le mescolano alle molecole arenacee.

Quasi tutte le regioni della occidentale Europa, che erano un tempo coperte dal mare, del cui letto hanno quindi serbato l'uniforme superficie, furono da lunghi secoli coperte e trasformate dalla coltivazione. Tali sono, per esempio, le terre basse del Poitù in Francia, l'estuario colmato delle Fiandre, la massima parte della Olanda, della Frisia prussiana e della Danimarca. Ma nell'interno del continente, si incontrano, qua e là, depressioni simili a quelle delle succennate Lande Bordelesi. Citeremo, in Francia, le deserte regioni della Sologna e della Brenna; in Italia, le brughiere

e gli scopeti, che avvicinano il Ticino ed il Po; nel Belgio, le sabbiose pianure della Campina; in Olanda, le sterminate torbiere; nell'Jutland, le giallastre zone sulle quali si stende il così detto *jern-al*, o sabbia di ferro; in Inghilterra, in Iscozia ed in Irlanda, i *moors* solitari e malinconici.

Ma si è nell'Ungheria ed in Russia, che le pianure assumono più vaste dimensioni. Nella prima di queste contrade, sono immense praterie, non meno uniformi delle lande e delle brughiere, ma di più ospitale e ridente apparenza, sovratutto in primavera, quando elle si smaltano di un tappeto di variopinti colori. La *Puszta* maggiara è ben degna delle nobili e generose ispirazioni che ha fornito al suo poeta Petcefi; essa è il fondo di un antico lago di oltre a 500 chilometri di circonferenza, che ha per limiti, da un lato, la grande curva del Danubio, da Pest a Belgrado, e, dall'altro, l'emiciclo dei Carpati e delle montagne di Transilvania. Il suolo, a cui la Teissa, il Maroz ed altre fiumane arrecano il ricco tributo delle loro alluvioni, è mirabilmente fertile, ed offre l'aspetto di un vasto e smeraldico mare di erbe, cui percorrono sui loro semiselvaggi cavalli i semicivili *Czikog*.

Ma di tutte le pianure europee, le più notevoli sono, senza dubbio, le *steppe* russe.

Le steppe cominciano presso il fiume Dnieper, occupano parte dei versanti del Mar Nero e del Caspio; ma si è principalmente a tergo delle centrali montagne dell'Asia, dalla grande muraglia cinese, fino ai Monti Celesti e verso il lago di Aral, che il loro monotono regno si stende. Alcune di quelle alte pianure sono coperte di erbe; altre di piante saline, sempre verdi, grasse ed articolate. La regione del *Tcgornosjom* (terra nera), così nomata a cagione del nero colore del suolo, è in gran parte un mare di erbe, interrotta soltanto, di tratto in tratto, da villaggi, da campi coltivati e da corsi di acqua, che scorrono con lentezza tra margini profondi e melmosi. Il Tchornosjom, stendentesi nei bacini del Don, del Dnieper e del Volga, comprende una superfirie di oltre ad 80 milioni di ettari, ossia quasi il doppio

della Francia; e su tutta quella immensa area, la terra vegetale offre dappertutto una grande profondità, da 1 a 5 e persino a 10 o 20 metri di spessore. Quando la civiltà avrà penetrato in quelle lande, così mirabilmente preparate per la coltivazione dei cereali, esse diventeranno uno dei più feraci granai del mondo. Ma aride e selvaggiamente inospitali sono le altre parti della Steppa. Molte fra esse brillano da lungi, per copiose efflorescenze muriatiche, cristallizzate a forma di licheni, le quali coprono il suolo di sparse macchie, simili a neve di recente caduta. Quelle Steppe, interrotte da varie catene di montagne, separano dai popoli rozzi ancora dell' Asia boreale, la razza degli uomini più anticamente civili, i quali da tempo immemorabile abitano il Tibeto e l'Indostano. Esse esercitarono grande influenza sui destini della specie umana, respingendo verso settentrione le popolazioni, più energicamente che l' Imalaia, più delle gelide cime di Sirinagor e di Gorka intercettando i mutui rapporti delle nazioni, ed opponendo insuperabili ostacoli all' introduzione di più miti costumi ed al genio creatore delle arti. In quelle tristi contrade, un livello perfetto di pastura si stende fino all' orizzonte, affaticando l' occhio con la sua inalterabile monotonia. Innumerevoli armenti di pecore e di cavalli percorrono la steppa, e nella state vi trovano pingue alimento; ma, al sopravvenire del verno, un immenso manto di neve copre la desolata pianura; tempeste, più spaventevoli di quelle dell'Oceano, vi infuriano talora, durante le quali la neve è turbinata dall' uragano, ed il genio sinistro della morte miete allora milioni di vittime. Ma allorquando, in primavera, spirano le prime aure soavi, la terra rinverdisce di nuovo, e la steppa si ripopola di viventi, finchè non sopraggiungano, brevi ma possenti, gli ardori estivi, ad abbruciare ogni erba, a disseccar le sorgenti, a polverizzare la terra ed a far di nuovo il deserto. Così la possente Natura compie dovunque la sua gran legge di movimento e di circolazione, indifferente alle gioie ed ai dolori, che in questa sua alterna vicenda arreca agli esseri dotati di senso e di vita.

Digitized by Google

VII.

Assai meno uniforme è il carattere delle terre basse situate a mezzodì del gran cerchio montano dell' antico continente. Alcune di esse sono coperte da deserti di sabbia, ed altre invece ricche di esuberante vegetazione. Di quest' ultima specie sono le vallate della Cina propria, formanti il più produttivo forse e certamente il più popolato paese che sia sulla faccia della terra, grandi ben sette volte quanto la nostra valle padana e, al par di questa, fertilissimo e perfettamente irrigate. Ampie e per ogni dove onuste di vita vegetale sono pure le valli longitudinali della grande penisola Indo-Cinese, solcate da immensi e limacciosi fiumi. La vallata del Gange, nell' Indostano, è tra le più ricche del globo; mentre, nell' altipiano triangolare del Deccan, frapposto alle catene dei Ghati, si alternano i feraci con gli sterili e rocciosi terreni.

Ad occidente della penisola indiana, le terre basse asiatiche si continuano nel Pungiab, alle falde dell' Imaus, contrade fertili e bellamente coltivate. Ma a mezzodì di esse, e sulla sinistra sponda dell' Indo, giace il grande deserto indiano, arido e coperto di dure argille e di sterili sabbie.

Le incolte e squallide vallate dell' Eufrate e del Tigri, sedi già di parecchio vetuste civiltà, ma ora discese all' imo della miseria, sono quasi il prodromo dell' Arabia, penisola grande quattro volte più della Francia, e divisa in due pressochè uguali parti dal tropico del Cancro. La più meridionale è vasto oceano di mobili sabbie, temuto persino dall'errabondo Beduino. La settentrionale ha colline, tra le quali dormono sorridendo qua e là belle e tranquille regioni pastorali, ornate di arbusti aromatici e di palmizi dattiliferi. Il lido dell'Adramaut e dell' Jemen è orlato da dirupati monti, i promontori dei quali determinano sul mare ottimi porti, su cui più o meno direttamente esercita omai il suo commerciale

impero l'Inghilterra, già signora di Aden e fra poco forse delle alpestri gole dell' Abissinia.

Un deserto sabbioso separa il rialto arabico dalla Siria, che è divisa, dalle montagne del Libano, in due anguste valli. Il Libano può considerarsi siccome una prolungazione del Tauro, ed è rotto qua e là da spaventevoli burroni e da orridi precipizi. Celebri nella tradizione cristiana, più assai che notevoli nella storia fisica del pianeta, sono i monti della Terra Santa, il Carmelo, il Bashan. il Tabor.

È questa la regione continentale più depressa, sulla superficie dell' antico mondo. Ivi stendesi, infatti, solitario e tetro il bacino del Giordano e del Mare Morto (Lago Asfaltide) i cui rapporti ipsometrici non hanno destato che molto modernamente l'attenzione dei viaggiatori. Le determinazioni del grado di ebollizione dell' acqua, le quali, per essere esatte, richiedono molte cure, varie misure barometriche, le quali sgraziatamente non erano corrispondenti, avevano a tutta prima dato, per la depressione del bacino del Mare Morto al di sotto del Mediterraneo, risultamenti, che oscillano fra 160 e 350 metri. Il barometro di Schubert ed i termometri di Moore e Beek segnalavano anch' essi enorme una crepatura in quella parte dell' Asia. Il Conte di Berton, Caillier, ed altri la valutavano 496 metri e persino 419 metri. Le misure trigonometriche del luogotenente Symond davano alla superficie del Mare Morto un livello di 489 metri più basso della più alta casa di Giaffa, e probabilmente di 427 metri inferiore al livello del Mediterraneo.

L' istmo di Suez, che l' industria e l' ardimento degli Europei sta ora tagliando in bosforo, destinato a dar nuova vita al commercio del Mediterraneo con le Indie, unisce l' Asia all' Africa. Oggi è desso un vasto e squallido deserto; ma fu, prima d'ora, qua e là cosparso di grandi e popolose città; e prima ancora, nelle remote età geologiche, fu in gran parte almeno letto di mare, del cui soggiorno io ebbi prove manifeste nei profondi e spessi strati di sale, che vidi stendersi nei vasti e malinconici bacini dei Laghi Amari.

VIII.

L' Africa, divisa in due dall'Equatore, giace in massima parte sotto il sole tropicale. Un ampio ma poco elevato altipiano occupa tutta l'Africa meridionale, fino a sei circa gradi a settentrione dell' equatore; altipiano che si avalla in anguste e parallele terrazze da tre lati verso l' Oceano. Presso il Capo di Buona Speranza, il grande rialto africano termina, a sud, in tre catene di montagne, squarciate da precipitosi e cupi burroni, e separate da valli longitudinali in forma di lunghe scalee, dette *Karroo*. Dal Capo delle Tempeste e dal Monte della Tavola si staccano le coste alpestri di Natal, così nomate la notte di Natale del 1497 dal pio Vasco di Gama, a settentrione delle quali si alerge la catena di Quotlamba, continuata poi da quella di Lupata, fino al Capo Guardafui, a 4° di latitudine boreale, catena emersa contemporaneamente alla grand' isola di Madagascar, che è separata dal continente africano mercè del canale di Mozambico. Fra il terzo ed il quarto grado di latitudine boreale, la catena che ricinge a levante l'altipiano di Africa, giunge a grande elevazione o forma l' alta regione dell' Abissinia, la Svizzera dell' Oriente. Con le altere e rocciose montagne delle orientali sponde del continente africano, contrastano vivamente le basse rive occidentali. Al N. O. del Capo di Buona Speranza, un lido scoglioso costeggia per breve tratto l' Atlantico, e poscia, sino al Capo Negro, è seguito da umili giogaie di arenaria. Ancora più a settentrione vengono le tristi pianure del Benguela, poi monotone savane, e i pallidi giuncheti di Biafra e di Benin, e il delta pianeggiante del Niger, e le fertili ma insalubri riviere della Guinea, e poi finalmente le umide, pestilenziali terre della Senegambia.

Ma l' Africa è la grande regione dei *Deserti*. — Quelle aride, inospitali pianure fanno parte di un mare di sabbia che, a levante, confina con fertili regioni e talvolta le circonda, come altrettante

isole. Egli è del pari così che noi vediamo il deserto vicino ai monti basaltici d' Haroutch, dove l'oasi di Siouah, ricca di palme, racchiude i venerati ruderi del tempio di Ammone, sacre reliquie di un' antica civiltà. Egli è del pari così che, procedendo da Zagazig, dopo aver traversato una sterile e squallida contrada, i miei occhi furono rallegrati dalla verdeggiante oasi del Oaddi-Tumilat, l'antica Terra di Gessen, così celebre nella tradizione mosaica. Al di fuori della Oasi, non perla di rugiada, non goccia di pioggia che venga a svolgere i germi della vita su quelle melanconiche, sconsolate pianure; perocchè dalla superficie terrestre esalano potenti colonne d'aria ardente, le quali dissolvono i vapori e divorano in breve le nubi nel loro rapido passaggio. Dovunque il deserto si avvicina all'Oceano Atlantico, come tra l'Oaddi-Nun ed il Capo Bianco, l' umido aere marino si precipita a torrenti nell' interno del paese, obbedendo a quel possente richiamo di aspirazione, che ci occorse di notare allorchè ci occupavamo della teoria de' venti dell' Atlantico, e va a colmare i vuoti cagionati dalle correnti aeree verticali. Quando, in mezzo a quei paraggi, renduti simili a praterie dalle alghe, onde la superficie delle acque è coperta, il navigatore che dirige la prora verso le foci della Gambia, vedesi ad un tratto abbandonato dall'aliseo di N. E., indovina da ciò la prossimità di quelle sabbie, sulle quali si riflette il calor solare, in una estensione senza confini. Leggeri stuoli di struzzi e di gazzelle dal piè veloce (dice l' Humboldt), orde di lioni e di affamate pantere riempiono quello spazio immenso dei loro troppo ineguali combattimenti. Alcuni gruppi di isole, ricche di sorgenti, veggono le verdeggianti loro rive frequentate da nomadi masnade di Tibbusi e di Tuareghi, ma il rimanente del deserto non è punto abitabile. I popoli civili che gli stanno dappresso, non osano traversarlo, che in epoche periodicamente fissate; e si è solo seguendo le vie segnate da migliaia di anni in modo invariabile, che la lunga carovana va da Tafilet a Timboctù, o da Murzuk a Burnù; imprese ardite, la cui possibilità riposa sull' esistenza del Cammelo, la *Nave del deserto*, come lo chiama l' antica voce dell' Oriente.

Il più vasto di tutti i deserti, che occupa un'area più grande di quella del Mediterraneo, e che, nella età geologica immediatamente anteriore alla nostra, fu mare anch'esso, è il Sahara, lungo 5000 chilometri da O. ad E., e largo 2000 da N. a S. Il vento di levante, scrive quella nobil donna che è Maria Somerville, vi spira nove mesi dell'anno, e in su gli equinozi vi suscita talora uragani, travolgendosi innanzi la sabbia in nugoli cupi, e producendo notturne tenebre in pien meriggio, ed inviluppando carovane di uomini e di animali in una comune distruzione. Poi la sabbia si rammonticchia in solchi, ognora moventisi ad ogni soffio di vento; perfino l'atmosfera è di sabbia. La desolazione di cotesto spaventoso deserto, che, al pari dell'Oceano, non ha pel guardo confini, è sublime e terribile: l'aria secca e riscaldata somiglia ad un rosso vapore, il sole all'occaso sembra un fuoco vulcanico, o talvolta il vento infuocato del deserto è un soffio di morte. Al settentrione sonvi laghi salati, e persino le sorgenti sono salmastre; fitte incrostature di sale abbagliante coprono il terreno, e le particelle di esso, portate in alto dal turbino, scintillano al sole, come diamanti. La sabbia però (e questo diciamo per combattere un volgare errore) non è il solo distintivo del deserto. Tratti di ghiaia compatta e di nude lme rocce s'incontrano talora, nè però elle sono meno della sabbia squallide e tetre.

Chi non ha mai viaggiato il Deserto cade facilmente nell'errore di credere che l'aspetto di questo sia *sempre* monotono, e che nessuna varietà mai di fenomeni venga a riposare lo sguardo ed a rapire l'immaginazione. — Nulla di meno vero. — Io non conosco spettacolo più incantevole di quello del cielo contemplato in una notte del Deserto; e finch'io viva mi starà sempre fisa nell'animo la deliziosa ricordanza del cupo azzurro del firmamento, tutto cosparso di astri scintillanti, che per lunghe e lunghe ore ammirai, sedendo sul margine solitario del lago Timsah. L'atmosfera è, nella regione desertica, di una purezza inalterabile, chè nessun velo di vapore si frappone all'occhio umano ed alla stellata vôlta del cielo.

Io ho già nella 21ª mia Lezione parlato del fenomeno del *Miraggio* e delle strane, penose sensazioni ch' esso produce nel viandante del Deserto. Ma non è questa la sola nè la peggiore angoscia cui talvolta egli soggiace. La fame, la sete, la stanchezza, la cocente azione dei raggi solari e, più che tutto forse, una arcana tensione nervosa determinano in lui sovente uno speciale stato patologico, una maniera particolare di ebbrezza, che crea nella mente una folla di illusioni e di fantasimi, e cui gli Arabi diedero il peculiare nome di *Ragla*. La vista, l'olfato, l'udito sono i sensi che più particolarmente soggiacciono a questo singolare fenomeno. Un piccol sasso assume subitamente le dimensioni di una rupe; un cespo arido e quasi carbonizzato di tamarischi apparisce una foresta. Un giorno (racconta il Sig. Di Escayrac) io sentii il fragore di un molino. Cercando di richiamare la mia ragione e di spiegarmi l'origine di quel rumore, m' accorsi che era la fibbia del mio cinturone, che fregava il pomo metallico della sella, ove la sciabola era attaccata ». Io stesso ricordo, dal canto mio, di essere stato acerbamente vessato, come da un insoffribile frastuono, dal monotono *tic-tac* del mio piccolo cronometro.

Ma a tutte le fatiche dei viaggi, a tutte le liete e penose sensazioni della vita, a tutte le miserie ed a tutte le amarezze, come a tutte le gioie dell' esistenza un sentimento sopravvive, possente e sovrano, nelle anime bennate: il sentimento dell' ammirazione, misto a quello della gratitudine e ad una specie di arcana adorazione per la divina ed infinita Natura, grande e sublime sempre, tanto sulle cime ghiacciate delle Alpi e dell' Imalaia, quanto sulle pianure interminate del Deserto, così nel sorriso delle nostre temperate primavere, como nell' Oceano malinconioso dei poli o nello splendido, radiante cielo dei tropici.

LEZIONE XXVI.

Costituzione della Superficie del Globo

(Segue).

Orografia *(Segue).*

—

SOMMARIO.

Il Nuovo Continente. — America Meridionale. La Cordigliera delle Ande. — America Centrale. Sistema Colombiano. — America Settentrionale. — Montagne Rocciose. — Alleghani — Le terre basse del Nuovo Mondo: Pampas, Silvas, Llanos, Far-West. — L'Oceania. — Continenti che si sommergono. — Continenti ed Isole che nascono. — Formazioni madreporiche. — Atolli; Scogliere coralline. — Le terre polari. — Le altitudini principali sul globo.

I.

Signori,

Ho già osservato, nella mia precedente Lezione, come la struttura orografica del Nuovo-Continente sia molto più semplice di quella dell'Antico, essendo ella stata determinata da una sola grande emersione di montagne, sensibilmente volte nella direzione dei meridiani, dal Capo Horn sino all'Oceano polare artico. La forma generale di quel continente consta di due grandi penisole, congiunte da un lungo e stretto istmo; sicchè esso è dalla Natura diviso in tre distinte parti: *Meridionale, Centrale, Settentrionale.*

La immensa catena delle Ande traversa, dal S. al N., tutta la meridionale America; e si divide in quattro rami: 1.° *Ande Patagoniche* (da 54° a 44° lat. S.); 2.° *Ande Chiliane* (da 44° a 20°); 3.° *Ande Peruviane* (da 20° a 1° 50'); 4.° *Ande della Nuova Granata*, a N. delle precedenti. Addossate al lembo occidentale del Continente, le Ande si avvallano rapidamente nelle anguste pianure che stanno dal lato del Pacifico. Nell'opposto versante orientale, invece, esse declinano in miti pianori di vasta estensione, intersecati da due sistemi secondari di montagne: il *Sistema Brasiliano*, che sparte le acque del Rio della Plata da quelle del fiume delle Amazzoni; ed il *Sistema di Parima*, che divide il bacino di quest'ultimo fiume da quello dell'Orenoco.

Si è nel punto più meridionale dell'Arcipelago della Terra del Fuoco, nel Capo Horn, che la Catena delle Ande incomincia. La sezione Patagonica della gran zona montuosa forma, sulla spiaggia del Pacifico, una parete di rupi, spalancate da lunghe fenditure, piene di enormi ghiacciai, le cui masse staccandosi con orribil frastuono, da quando a quando si inabissano nell'Oceano spumeggiante.

Scostandosi alquanto di più dal mare, la sezione Chiliana della Cordigliera dà luogo ad una bella e fertile vallata longitudinale, che comprende le ricche provincie di Santiago, Talca, Canquenes e Concepcion, tante volte spaventate dal sinistro sussulto del terremoto. Tra il 40° ed il 31° parallelo, sorge il gigante di queste Ande, il Nevado di Acongagua, immensa mole vulcanica di Porfido, alta 7291 metri sul livello del mare.

Una serie di colli di rocce cristalline, paralleli al Pacifico, separano da questo mare le Ande Peruviane, la più maestosa schiera di montagne del Nuovo Mondo. A differenza dei rialti dell'Asia della medesima elevazione e di quelli, ancor più bassi dell'Europa, ove la civiltà, la coltivazione e persino la vita stessa permanente si fermano, quelle alte regioni americane sono ancora la sede di ubertosa agricoltura e di ricche e popolose città.

Nel gruppo di Los Pastos, nella repubblica della Nuova Granata, incomincia la quarta sezione delle Ande, elevatissima anch' essa, ma assai meno della precedente.

Per una serie di colti ripiani, tra i quali citeremo quelli di Tucuman, di Sata e di Jujuy, discendono le Ande alle pianure orientali sul versante dell' Atlantico. Queste vaste terre basse sono divise in tre distinte parti dai già citati sistemi di Parima e del Brasile.

Il sistema di Parima comincia ad una sessantina di miglia dal litorale del Venezuela, e viene con una serie di miti ondulazioni fino a due gradi circa dell'Equatore, tra i fiumi Orenoco e Marañon. A mezzogiorno del bacino di quest' ultimo fiume, sorge l' altipiano Brasiliano, che ne divide le acque da quelle della Plata, formando una specie di triangolo, il cui vertice sta presso al confluente dei fiumi Mamore e Beni, e la cui base si dilunga sulle spiaggie dell' Atlantico, tra le foci della Plata ed il 8° di latitudine. I declivi di tutti questi monti sono magnificamente ammantati da sterminate foreste di alberi altissimi, insieme legati da intralciate piante rampicanti e parassitiche *(liane)*.

II.

In tre distinte regioni, dicevamo poc' anzi, si ripartono le basse terre della meridionale America, a queste catene frapposte: *Pampas*, *Silvas* e *Llanos*.

Nella Patagonia, la pianura è sterile e molto s' assomiglia ai deserti africani, che le stanno di fronte, sull' opposto lido dell' Atlantico. Ma a settentrione del Rio Colorado, incomincia la terra rossa calcarea dei Pampas, coperta di folti cespi erbosi, ma senza alberi mai nè grossi arbusti. Così prodigiosamente grande è l'estensione dei Pampas, che a settentrione essi confinano con boschetti di palmizi ed a sud con nevi eterne. I *Tuyus*, uccelli della famiglia dei Casoari, sono indigeni di quelle pianure, sulle quali

errano orde di cani, divenuti selvatici, che vivono in società in antri sotterranei, e che sovente attaccano con ferocia l'uomo, per la difesa del quale combattevano gli autori primi della loro razza. — Gli Spagnuoli che conquistarono, nel secolo XVI, l'America, vi portarono anche il Cavallo, che ora vi si è così immensamente moltiplicato; e (cosa singolare) il Nuovo Mondo, che allora riceveva dall'Antico il prezioso dono della razza cavallina, la aveva già posseduta nei tempi antistorici nell'*equus curvidens*, specie ora estinta. La prima sezione dei Pampas, venendo da mezzodì-levante, consta di cardi e di erba medica (*medicago sativa*) di un verde smeraldico, nella stagione delle pioggie; siegue quindi una immensa regione di pingui e fiorite praterie, sulle quali pascolano innumerevoli buoi e cavalli; succede una contrada di pantani e di paludi, poi una di burroni e di pietre, e finalmente una zona, fino ai piedi delle Ande, coperta di cespugli spinosi e di alberi nani.

Le Silvas sono immensurate, impenetrabili foreste sovr'ambe le rive del nobile fiume delle Amazzoni. Nulla di più solenne e di più sublime dell'aspetto di quelle silvestri solitudini. Dalla pittura che ce ne fanno l'Humboldt, il Darwin, la Somerville, l'Hartwig, estrarremo i lineamenti che seguono. Il calore è soffocante nei profondi e cupi recessi di quelle foreste primordiali, ove non penetra un soffio d'aria; ma poi che le pioggie hanno abbeverato il terreno, l'umidità è talmente eccessiva, che a mane di buon'ora s'innalza azzurra una nebbia fra i tronchi immensi degli alberi, inviluppando le intralciate piante rampicanti, che da un ramo all'altro scambievolmente si abbracciano. Un silenzio di morte regna dall'orto all'occaso del sole; quindi le migliaia di animali abitanti dei boschi si uniscono in un discordante fortissimo mugghio, non continuo, ma di balzo a balzo. Pare così che le fiere sieno periodicamente ed unanimemente svegliate da arcano impulso. Nuovo silenzio profondo regna a mezzo la notte; ma desso è rotto all'aurora dal rimugghiar generale del coro selvaggio. Dice il Darwin che, in mezzo alla vergine foresta, tutta risuonante d'innumerevoli

e svariati rumori, gli parea pur tuttavolta che regnasse una specie di indefinito e misterioso silenzio, effetto appunto di quel complesso armonico di selvaggie musiche. L'uomo si sente piccolo, invero, e debole in cospetto di quella immensa e prepotente Natura. Sovente la selva intera rintuona, allorchè tutti gli animali, desti dal notturno riposo, urlano pel frastuono fatto da torme di essi, fuggenti qualche predace nemico. Fuor d'ogni dire solenne è il senso di terrore, che invade tutti gli abitatori della foresta, all'appressarsi di una procella, e allora si direbbe quasi che la Natura intera partecipi ai loro spaventi. Le alte vette degli alberi maestosi stormiscono lugubremente, sebbene non apparisca fiato d'aria ai loro piedi; un cupo sibilio, diffuso nelle alte regioni dell'atmosfera, viene quasi nunzio della prossima lotta degli elementi. Bentosto una tenebra di notte profonda invade l'antica foresta, che geme, mugghia e cigola, sotto l'imperversare dell'uragano. L'oscurità fassi più orrenda pel vivido guizzar del baleno e per l'assordante fracasso del tuono.

Il terzo e più boreale scompartimento delle terre basse dell'America del Sud, è formato dai *Llanos* (pianure) dell'Orenoco e della Venezuela. L'aspetto loro cambia, a seconda delle stagioni. Quando, per effetto dei verticali raggi del sole, cui nessuna nube viene a temperare, l'erba riarsa cade polverizzata, il suolo indurito si frana, come scosso da violenti terremoti. Allora il bestiame si disputa le putride lame d'acqua, che l'ombra di qualche spaccatura del suolo ha conservato. I muli, più astuti delle altre razze, si dissetano in altra guisa: un vegetale di forma sferica, il *Melocactus*, racchiude, sotto uno spinoso involucro, una midolla molto acquosa. Il sagace quadrupede, con le sue membra dinnanzi separa le spine, accosta con precauzione le labbra e beve il sugo rinfrescante. Ma quando succede la stagione delle pioggie, la scena cambia rapidamente di aspetto. Il deserto non tarda a coprirsi di *killingie*, di *paspalli* e di una infinità di graminacee. I fiumi a poco a poco si gonfiano, e, straripando, convertono la interminata pianura in un vasto e tetro marese, nel quale guizzano i

coccodrilli e le gimnote, la cui elettrica corrente è capace di storpiare e di uccidere un poderoso cavallo.

III.

L' America centrale giace tra l' istmo di Panama e Darien e quello di Tehuantepec, striscia angusta e tortuosa di terreno, che collega i due continenti. Essa è traversata da tre distinti gruppi di montagne, vere continuazioni delle Ande, e sono il gruppo di Costarica, quello di Honduras e Nicaragua e quello di Guatimala.

Ma se sottile e stretta è la parte continentale dell' America del centro, un vasto ammasso di isole le sta, a compenso, dinnanzi dal lato dell' Atlantico, e ne forma quasi il complemento. L' arcipelago Colombiano, infatti, o delle Indie Occidentali, può considerarsi come l' avanzo di una parte sommersa dell'America Centrale. Esso è diviso in tre distinti gruppi: le Piccole Antille o Isole dei Caraibi, le Grandi Antille, e le Lucaie o Isole di Bahama. Le Piccole Antille formano un emiciclo, la cui parte convessa è volta ad oriente; e, cominciando dalla Trinidad, che è la più meridionale, vanno fino alla Guadalupa in una sola linea. Ivi si bipartono: una fila costituisce le Isole del Vento (*Windward* degli Inglesi), e l' altra è quella delle Isole sotto Vento (*Leeward*)

Quattro magnifiche isole formano il gruppo delle Grandi Antille, disposte in linea quasi parallela alla catena marittima della Venezuela: la boscosa Porto-Rico; Haiti, la prima terra colonizzata dagli Europei in America; la Giamaica, una delle più preziose gemme dell' impero coloniale inglese; e Cuba, ultimo avanzo della potenza spagnuola nel Nuovo Mondo, ed una delle più grandi e belle isole del globo.

Le isole di Bahama o Lucaie sono la più piccola e men rilevante parte dell' Arcipelago Colombiano. Non vuolsi però dimenticare che si è in una di quelle isole (Guanahani o S. Salvador) che Cristoforo Colombo toccò per la prima volta il suolo americano.

Sono circa 500 isolette, di cui molte ignude, sterili, rocciose, fra le quali e l'opposto lido della Florida scorre la grande fiumana Oceanica del Gulfstream.

Verso il 20° di lat. boreale, comincia l'America Settentrionale, dai lidi più flessuosi e dalle forme più irregolari della Meridionale. Se quest'ultima riproduco la compattezza massiccia dell'Africa, la prima richiama invece il ricordo della sinuosa e frastagliata figura dell'Europa.

Vera prosecuzione delle Ande, l'altipiano del Messico o Anhauac, corre anch'esso lungo il lato occidentale del continente, ma ad assai maggiore distanza dal Pacifico. Quell'immenso rialto, sede della vetusta civiltà dei Toltechi e degli Aztechi, stendesi al N. O. fino al 42° di lat. boreale. Da questo punto si stacca la doppia catena delle Montagne Rocciose, che corre sino alla foce del Mackenzie nell'Oceano Artico. Più occidentali di questo sistema continuativo delle Ande, si adergono altre secondarie catene più presso al Pacifico, traversando la California, il bacino dell'Oregon e l'America Russa.

Ad oriente delle Montagne Rocciose e stendentesi fino a' piedi della catena degli Alleghani (che diagonalmente da N. E. a S. O. traversa la boreale America) giace una grande pianura, nella quale scorrono alcune delle più maestose fiumane del globo. Sovr'ambe le rive del Mississipi, la valle è occupata da immense Savane, interminabili e pianeggianti come l'Oceano, coperte di alte erbe, frammiste a gruppi di magnolie, di tulipani, di gigli e di alberi da cotone. Più a settentrione e nel Canadà, sono vastissime foreste di abeti e di pini. Al di là del 64° di lat., succede un nudo e sterile deserto, che diventa ognora più squallido, a misura che si accosta all'Oceano Artico. Le terre polari e l'immensa penisola di Groenlandia occupano le più boreali parti del globo.

La vasta pianura centrale, o la regione delle praterie (il *Far-West* degli Americani) è separata da quella, più piccola, che si protende lungo le coste dell'Atlantico, mercè della secondaria catena degli Alleghani od Appalachiani, che corre dalle foci del

S. Lorenzo nel Nuovo Brunswick, fino alle sorgenti dei fiumi Alabama ed Yazoo. negli Stati-Uniti Meridionali.

IV.

L'ultima parte del globo, che ci rimane ora a descrivere, l'Oceania, stendesi dal 91° di long. E. al 106° di long. O., e dal 35° di lat. N. al 56° di lat. S. — La sua lunghezza è adunque di circa 171 gradi, e diagonalmente di 20,000 chilometri almeno. Essa è composta di un numero immenso di isole, disseminate nel Grande Oceano; e viene d'ordinario divisa dai geografi in tre grandi regioni, suddivise ciascuna, come segue, in arcipelaghi ed in gruppi.

Regioni	*Arcipelaghi*	*Gruppi.*
1.ª A Ponente. MALESIA O NOTASIA.	Della Sonda . . .	Di Sumatra.
		» Giava
		» Sumbava-Timor.
	Delle Moluche . .	Delle Moluche proprie.
		Di Celebe.
	Di Borneo.	
	Delle Filippine.	
2.ª Nel mezzo. AUSTRALIA O MELANESIA.	Australia propria, o Nuova-Olanda, o Continente Australe.	
	Papuasia.	
	Luisiade.	
	Nuova-Bretagna.	
	Salomon.	
	La-Perouse.	
	Quiros.	
	Nuova-Caledonia.	
	Norfolk.	
	Tasmania o Diemenia.	
	Nuova-Zelanda.	

Regioni	*Arcipelaghi*	*Gruppi*
3.ª A Levante. POLINESIA O MICRONESIA.	Polinesia boreale o Micronesia propria	Mounin.
		Marianne.
		Palaos.
		Caroline.
		Sporadi boreali.
	Arcipelago Centrale o di Mulgrave.	
	Polinesia Australe	Viti.
		Tonga — o Amici.
		Oua — Horn.
		Hamoa o Bougainville.
		Kermadec.
		Cook.
		Tubusi.
		Othaïti.
		Pamatù.
		Mendana.
		Hawai o Sandwich.
		Sporadi Australi.

La più vasta terra di quel mondo pelagico, e formante il più piccolo dei continenti o la più grande delle isole, l'Australia o Nuova Olanda, dalle forme tondeggianti e dalle coste poco sinuose, ha molte catene di montagne, precipua delle quali è quella che trovasi sul lato orientale, occupato dalla florida colonia britannica della Nuova-Galles Meridionale. Quella catena si prolunga dallo stretto di Torres fino al gran golfo di Carpentaria, penetrando, da una parte, nella Terra di Van Diemen o Tasmania, e, dall'altra, nella Nuova-Guinea. La più alta parte di quelle giogaie è formata dai monti Azzurri, celebri per gli immensi depositi auriferi, la cui estrazione, insieme a quella dell'oro di California, esercitò ai di nostri tanta influenza sul mercato monetario del mondo, determinando una rivoluzione economica, che nelle storie non trova riscontro, fuorchè in quella che nel secolo XVI tenne dietro alla scoperta delle miniere argentifere americane.

Opera lunga ed all'indole di questo nostro lavoro non dicevole sarebbe una minuta esposizione delle condizioni orografiche dell'interminato labirinto di isole, da cui il mondo pelagico è costituito,

Digitized by Google

esposizione, che meglio si addice alla Geografia descrittiva, anzichè ad un saggio generale di Fisica del globo. Osserveremo bensì che in quanto alla origine geografica di quelle innumerevoli terre, e rispetto al posto che elle occupano nella economia del nostro pianeta, due diversi concetti furono emessi nella storia della scienza. Giusta il primo di essi, le terre oceaniche non sarebbero che gli avanzi di un antico continente sommerso, del quale tutte quelle isole furono un tempo le più elevate creste montane. Nell' altro sistema, per lo contrario, esse non sarebbero che un mondo in via di progressiva formazione, destinato forse, in un futuro ordine di cose, a costituire la sede di nuove popolazioni e di nuove civiltà.

Per quanto diametralmente opposte fra loro, entrambe queste ardite ipotesi possono, a parer nostro, perfettamente conciliarsi fra loro, ed entrambe, a vicenda compiendosi ed integrandosi, ci porgono plausibilissima spiegazione dei fenomeni geologici e delle geografiche forme della quinta parte del globo.

Che molti fra gli arcipelaghi Oceanici possano avere, nelle epoche remote, fatto parte di una vasta contrada continentale, e che, per un graduale abbassamento, le parti inferiori di questa siano andate nei mari sommerse, rimanendo solo fuori delle acque le più alte montagne, così oggi convertite in isole, due considerazioni ce ne persuadono assai facilmente. La prima è la direzione generale di un gran numero di isole e delle catene dei monti che le attraversano. La Tasmania è evidentemente la continuazione meridionale dell'Australia e la Nuova Guinea ne è il prolungamento boreale; come le isole della Sonda, disposte in un grand'arco, con le loro giogaie orientate nella medesima direzione, portano manifesta l' impronta di una fisica unità, che i successivi movimenti del suolo hanno soli potuto infrangere. Dall'altro canto, il fatto oggi accertato e non più disputabile, del continuo ed incessante abbassamento del livello di molte fra quelle terre australiche, le quali tendono a discendere verso il livello del mare, nel quale non possono a meno di essere inghiottite in un avvenire più o meno lontano, ci lascia na-

turalmente supporre che la medesima cagione abbia già prima d'ora fatto scomparire negli abissi oceanici le parti più basse, che un giorno congiungevano insieme in forme continentali i dorsi e' le vette delle montagne, divenute, per cotal modo, distinte individualità insulari.

Se non che, questo fenomeno di abbassamento e di immersione delle terre pelagiche, che la scuola di Elia Beaumont attribuisce ad un vasto e repentino cataclisma, determinato dall'emersione delle più recenti catene di montagne e specialmente da quella delle Ande Americane, emersione la quale avrebbe dato luogo ad un subitaneo spostamento delle masse marine, sembra a noi, per le ragioni già altra volta addotte, più conforme alle leggi generali della Natura lo ascriverlo piuttosto ad un *lento e graduale* cambiamento nel livello rispettivo delle parti solide e liquide del terrestre pianeta.

V.

Qualunque siasi, del resto, il giudizio che di questo primo concetto portar si voglia, da secoli ed oggi ancora irrefragabili sono i fatti sui quali riposa il secondo, giusta il quale le forze telluriche, operanti nell'Oceania ci fanno assistere alla progressiva e continua formazione di novelle e le une alle altre succedentisi terre.

La Geografia Fisica, nella molteplice varietà de' suoi rami, nessuno ce ne presenta forse più acconcio a destare in noi il più illimitato senso di ammirazione, di quello che concerne le formazioni madreporiche e coralline dell'Oceania. Mentre, in tutto il rimanente universo, noi non veggiamo apparire e svolgersi il genio della vita e le forme dell'organismo, se non sulla preesistente, antica base del mondo inorganico e minerale, quivi, all'incontro, noi osserviamo le generazioni animali succedersi ed accumularsi,

per formare, coi loro stessi residui, il fondamento delle terre, sulle quali si svolgerà poscia, più rigogliosa, la vita d'innumerevoli nuove famiglie vegetali ed animali.

Le isole, onde qui parliamo, appartengono a tre grandi e distinti tipi: — *Atolli*, o isole a laguna; *Scogliere a ghirlanda di corallo; Scogliere a sbarra.*

Gli Atolli (è questo il nome, d'indiana radice, di quelle terre) consistono in un vasto anello o cerchio, che di poco si eleva sulle acque circostanti, e contro al cui margine esteriore vengono a frangere, balzando in ispuma scintillante e bianchissima, i furiosi cavalloni dell'Oceano, nell'atto che, al di dentro, una tranquilla e placida laguna, di limpide e verdastre acque, si stende, lasciando spesso scorgere nei bassi fondi, rischiarati da quell'ardente sole, un puro letto di fina e candida sabbia.

Il cercine dell'Atollo frondeggia, d'ordinario, di belle piante, e specialmente degli eleganti e maestosi alberi del cocco.

Tutta questa maravigliosa costruzione è l'opera intanto di un piccolissimo animaletto, della *Madrepora*, dell'animale del corallo, le cui generazioni, accumulandosi per secoli e secoli e propagandosi per lenta ed incessante sovrapposizione, finiscono per formare banchi immensi ed isole ed arcipelaghi di vasta estensione. L'atollo di Suadiva ha 44 miglia geografiche di maggiore diametro, e 34 miglia di diametro minore; quello di Rimsky è di 54 miglia su 20; quello di Bow è lungo 30 miglia e largo 6; quello della più grande fra le Maldive ha 88 miglia geografiche di lunghezza su 15 di media larghezza. Immense poi sono le profondità dalle quali s'innalzano cotesti mirabili edifici organici. Le pareti dell'atollo sono tutte formate di animaletti corallini, che ad una certa profondità sono viventi, mentre in vicinanza della superficie non sono che natura morta o avanzi di spente polipaie. Dal lato interno, le pareti dell'anello scendono a ripiani, abitati da polipi viventi, fino a cinquanta o cento metri; ed anche il fondo della laguna è pieno di polipi vivi e dei loro detriti. Egli è considerando questi fatti e ponendoli a raffronto con quelli attestati d'altronde dallo scandaglio

di Brooke, il quale trovò tutto coperto di microscopici foraminiferi il fondo dell'Oceano, e con quelli rilevati dalle poderose lenti di Ehrenberg, che riconobbo la composizione organica delle terre di una gran parte d'Europa, che siamo noi costretti irresistibilmente ad esclamare con Giorgio Byron: « il suolo, che noi calpestiamo, fu un giorno vivente! »

Dagli Atolli propriamento non differiscono le Scogliere a ghirlanda, se non perchè queste, hanno nel mezzo delle loro lagnne, una o più isolette, per modo che la tranquilla, placida laguna è interposta a queste ed al cercine esteriore. Il viaggiatore che occupa l'isola centrale, mira allora tutto intorno a sè una rigogliosa vegetazione, al suo piede l'immobile laguna, più in là l'anello che cinge tutta la formazione, coperto anch'esso di alberi da cocco, e, più in là ancora, l'interminata distesa dell'Oceano. Le isole di Hogolen e di Siniavin, fra le Caroline, sono appunto di questa varia, amena natura; tale si mostra pure l'isola di Vanikoro, tristamente celebre pel naufragio del misero La Perouse. Ma il più magnifico esempio ne viene pòrto dall'isola di Tahiti, la più grande dell'Arcipelago della Società.

Eguale elementare struttura hanno, finalmente, le Scogliere a sbarra, benchè diverse dalle precedenti per la loro positura relativamente alla spiaggia. Esse sono, in generale lunghe strisce o banchi di madreporo e di coralli, paralleli alla costa di un continente o di un'isola, lascianti trammezzo un angusto e profondo canale. La più maestosa formazione di qnesta maniera è il banco corallino che cinge a N. E. il lido dell'Australia, sopra una lunghezza di oltre 1000 miglia. Il lungo fiotto dell'Oceano (dice il viaggiatore Jokes), repentinamente impedito nel suo corso da codesta irta barriera, si solleva ardito in ampia, continua cresta di acqua cupamente cerulea, la quale, rovesciandosi in larghe volute, cade sul margine della scogliera in una incessante catteratta di abbarbagliante, bianchissima spuma. Ogni linea di frangenti corre suo viaggio per lo spazio di una o due miglia, senza percettibile soluzione di continuità. Il perenne mugghiare del fiotto, col suo pulsar

regolare di tuono, è assordante, ma si perfettamente intonato, da non punto elidere i lievi suoni più vicini.

La temperatura delle acqae e dell' aere sembra esercitare una preponderante influenza sulle formazioni madreporiche, non incontrandosi esse se non nelle calde regioni del globo. Raramente si trovano a due o tre gradi al di là dei tropici, eccetto chè in qualche rara località, che le correnti pongono in condizioni affatto peculiari. Tali sono le Isole Bermude a 32° di lat. N., dove il Gulf-Stream porta le calde e vitali sue acque.

Benchè i primi viaggiatori, che visitarono il Pacifico, segnalassero le strane forme degli atolli, e fin dal 1605 ne parlasse con meraviglia il francese Pyrard de Laval, egli è soltanto nei moderni tempi, che si è esattamente conosciuta la struttura di quelle singolari isole. Il primo a darne una chiara idea fu l' inglese Strachan, nel 1702; ma si fu l' ingegnoso e dotto compagno di Cook, il Forster, che nel 1780 ne pose in chiaro la vera teoria. L' immortale Carlo Darwin, che nel 1836, visitava sul *Beagle* l' Oceania, completò finalmente questa parte della storia naturale del nostro pianeta.

VI.

Chiuderemo la descrizione che siam venuti facendo della parte solida del nostro globo, con un cenno sulle Terre Polari. Come abbiamo già altra volta notato, il polo boreale è assai più ricco di terre, del polo australe. La più vasta di quelle contrade artiche è la Groenlandia, la quale dal Capo Farewell continua, immensa penisola, fino alle estreme plaghe polari. Tutt' intorno alle sue spiaggie, si schierano confusamente innumerevoli isole rocciose, frastagliate da *fiordi* e seni, alcuni dei quali vanno per cento e più miglia serpeggiando per entro alle ghiacciate terre, a guisa di fiumi. Da quelle orte rupi enormi blocchi di ghiaccio si staccano talvolta, e, trascinati dalle correnti alle più basse latitudini,

vanno sin oltre i paraggi di Terra Nuova. Stupendo è l' effetto che producono i vari colori, fra i quali predominano l' azzurro, il verde glauco e l' arancio, che dà la luce riflessa su quelle gelate masse, in contrasto con l'abbagliante candore delle nevi o coi tetri neri picchi delle vicine rocce accuminate in punte ardite e minacciose. Hannovi qua e là appartate regioni della Groenlandia, specialmente sui lembi dei Fiordi, protetti dai venti, ove una meno algida temperatura permotte, nella breve estate, il verdeggiare di smeraldiche praterie, il cui dolce colore valse a tutto il paese il nome di *Greenland* (terra verde), datogli nel decimo e nell' undecimo secolo dai compagni di Eirik Randi e di Leif, i leggendari avventurieri islandesi.

A settentrione della baia di Hudson e dello stretto di Davis, giace un immenso, intricato labirinto di rocce cui, non bene sapendo se continente fossero o isole, i primi geografi, che ne parlarono, diedero il generico nome di *Terre,* attraverso alle quali i Ross, i Parry, gli Scoresby, i Sabine, i Franklin ed altri coraggiosi navigatori invano cercarono il famoso varco transoceanico del *Nord-Ovest,* finchè lo trovò il fortunato Cap. Mac-Clure. Ivi è pure quella terra di Boothia-Felix, nella quale vedemmo, allorchè esponevamo le teorie del Magnetismo terrestre, convergere i meridiani magnetici, e dove il Sabine segnalò il precipuo fra i due poli magnetici boreali. Le terre pelagiche dell' Oceano artico, ad eccezione dello Spitzberg, sono altamente vulcaniche. Nelle relazioni dei viaggi dei mentovati navigatori, alle quali piacemi aggiungere quelle del nobile lord Dufferin (uno dei più degni rappresentanti di quel patriziato inglese, che solo mantiene in onore l'antico motto delle vere aristocrazie: *Noblesse oblige)* e quella del Sig. Edmondo Choieski, compagno del principe Napoleone nel suo viaggio alle alte latitudini sulla *Reine-Hortense,* stupenda è la pittura che ci vien fatta delle dirupate e maestose montagne, le quali repenti si adergono dal margine estremo del mare, i cui flotti indarno flagellano le tetre masse, frammiste a purissime nevi. L' anno polare è formato di una sola notte e di una sola

giornata; ma le mirabili aurore boreali, che in altra mia Lezione ho descritte, vengono spesso a svariare stupendamente la gelida monotonia del paesaggio e del cielo.

Ad oriente della Groenlandia, ed un poco a mezzodì del circolo polare artico, sorge, solitaria di mezzo all'Oceano, l'Islanda, sotto il cui tranquillo manto di ghiaccio le forze plutoniche sono, come a suo luogo vedemmo, in perpetuo travaglio.

A metà via fra l'Islanda e lo Spitzberg, è la deserta isola di Giovanni Mayen, la più nordica terra vulcanica del globo. Il gruppo delle isole Siberiache, a nord della provincia russa di Yakutsk, e circa a 78° lat. bor., contiene enormi quantità di ôssa fossili, e segnatamente di difese di mastodonte, che il commercio sa utilizzare.

Siami quivi conceduto di riferire lo squarcio seguente del dottissimo sig. Comm. Cristoforo Negri, benemerito iniziatore della prima Società Geografica Italiana, il quale riferisce la più recente delle scoperte polari.

« Vediamo, che si ridestano (dice egli) le voglie delle spedizioni polari: gli studiosi delle fisiche scienze ad una voce le chiedono, e l'Inghilterra, la Germania, la Francia, anelano all'ambizione di risolvere i misteri del polo. Prevaleva fra gl'Inglesi l'idea d'avanzare per lo stretto di Smith, fra i Francesi l'idea di penetrare per lo Stretto di Behring, e fra i Tedeschi, all'opinione dei quali mi associo io stesso, l'idea di procedere pei mari dello Spitzberg. Ma la scoperta, o piuttosto il migliore riconoscimento fatto nella scorsa estate dall'americano Long, capitano della *baleniera il Nilo*, d'una vasta terra polare *senza neve e coperta di bella vegetazione* (?), alla latitudine di 73° 30′ nord ed alla longitudine di 180° da Greenwich, che egli denominò terra Wrangel, (benchè Wrangel, nella relazione dell'ardito suo viaggio alle coste ed al mare di Siberia, avesse quasi smentito l'esistenza di quella terra), farà sorgere nuova discussione in tutti, ed in molti recherà modificazioni di idee. Parmi certo però che se l'orizzonte europeo, che ora è torbido e scuro, tornerà alcun tempo tranquillo, noi

vedremo le tre grandi nazioni gareggiare d'ardimento nei mari polari: forse vi vedremo anche gli Anglo-Americani ed i Russi. Può esitare il Governo americano, ora che ha dilatato i suoi territori sull'Artico mare? Ed ove il Governo esitasse, non abbiamo l'esempio di Grinnell, che, privato cittadino, inviò da Nuova York al polo la spedizione di Kane, come il conte di Romanzow aveva spedito dalla Neva la nave di Kotzebue al giro del globo? Non verremo in concorrenza con chi ci è tanto superiore di forze, nè speriamo che l'esempio dell'inglese Lord Dufferin e del tedesco dott. Berna, che navigarono a proprie spese, quasi a diporto, fino ad alte latitudini nell'Artico mare, trovi imitatori in Italia. »

Più povere ancora di vita che quelle del circolo polare artico e più disperse nelle plaghe oceaniche, sono le terre del polo australe, fra le quali una delle più vaste, la Terra Victoria, circa nel meridiano della Nuova Zelanda, ed a 70° 31 lat. bor., spinge fra le nubi la vetta del vulcano Erebo, emettente del continuo dense colonne di fumo.

VII.

Ad illustrazione di questa sintesi dei lineamenti orografici delle varie parti del globo, porgerò or qui, in sul finire, un quadro delle principali altitudini che le catene di montagne presentano, ed insieme nella qui annessa Tavola una loro grafica rappresentazione.

I. EUROPA.

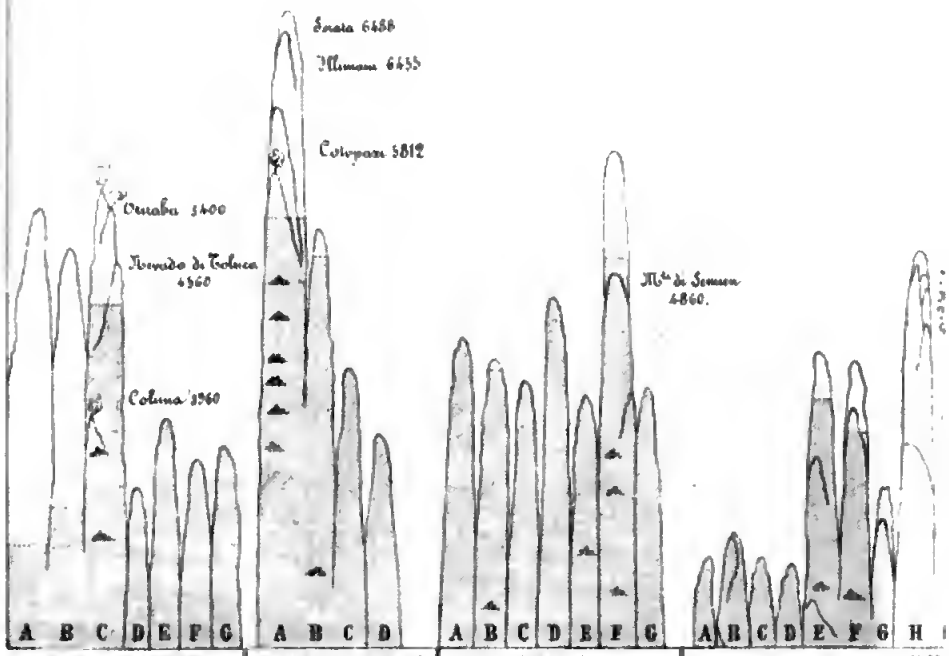
A. — Sistema Pirenaico e dipendenze.

Malahsen	(Granata)	sul livello del mare	3555	metri
Malahita o Nethù	(Pirenei)	»	3485	»
Maiadetta	»	»	3480	»
Monte-Perduto	»	»	3354	»
Il Cilindro	»	»	3322	»

Digitized by Google

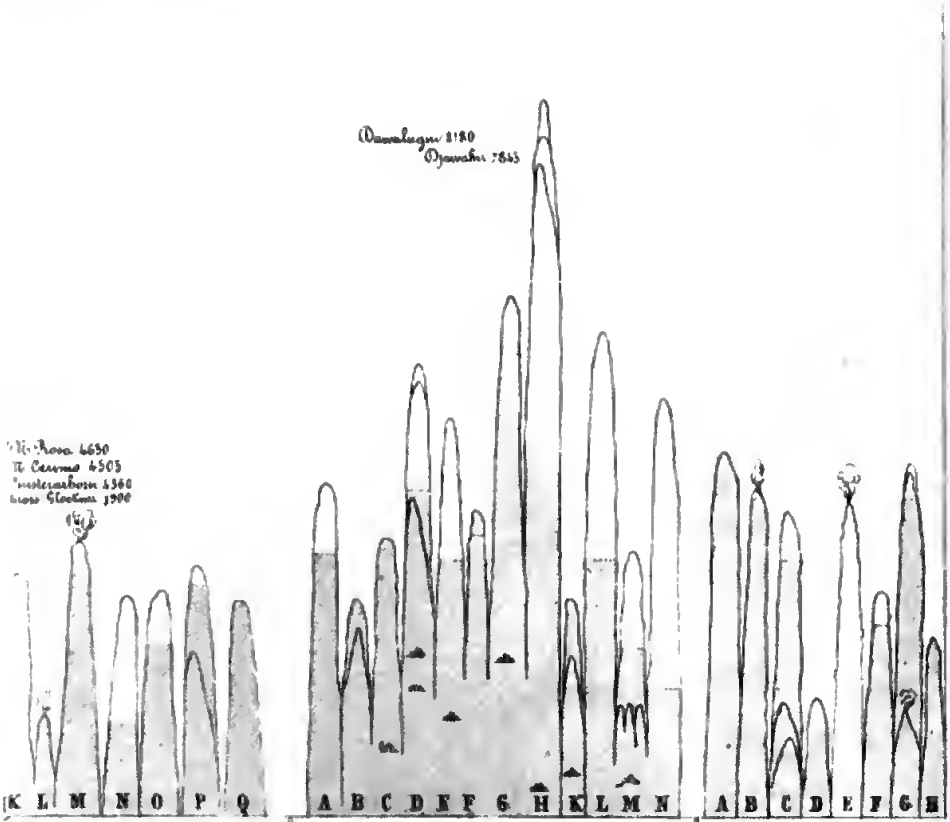
Tav. XIII.

Altezze comparate delle Pri



AMERICA SETTENT.e		AMERICA MERID.e		AFRICA		EU
A Sant Elia (America Russa)	5400	A Chimborazo (Perù)	6530	A Picco di Teneriffa	3710	A Monti del Kerry (Irlanda)
B M. Brown (Amer.a Inglese)	4913	B Sierra de Merida (Venezuela)	5100	B Miltena (Atlante)	3500	B Ben Mac-Dhu (Scozia)
C Popocatepetl (Messico)	5440	C Maravaca (Panama)	3500	C Picco di Clarenza (Orinoco)	3400	C Snowden (Gallia)
D Unaka (Stati Uniti)	1910	D Sierra Mantiquera (Brasile)	2250	D Picco di Camerona (C. Cr. e Afr.)	4000	D Sierra Fell Pitts (Inghilterra)
E Sierra del Cobre (Cuba)	2700			E Snowberg (Colonia del Capo)	3000	E Sierra Nevada (Spagna)
F M.te Amor (Giamaica)	2000			F Kilimanyaro	6100	F Maladetta (Pirenei)
G M.te di Hayti	2200			G Picco delle Ilen (Borbone)	4100	G Mont-Dor (Francia)
						H Monte-Bianco (Alpi)

Genova Lit. Armanino



ROPA		ASIA				OCEANIA	
K. Monte Cerno (Appennini)	2900	A. Erjesh-Dagh (Asia Minore)	6000	H. Gaurisankar (Imalaya)	8840	A. M. Kasumba (Sumatra)	4955
L. Vesuvio (Italia)	1181	B. Sinai (Siria)	2756	K. Pedrotalagalla (Ceylan)	2800	B. Mana Roa (Arrai)	4840
M. Etna (Sicilia)	3213	C. Djebel Shaik (Siria)	3665	L. Belor-tag (Tamerlan)	5760	C. Sinaron (Siria)	6500
N. Suez Hatten (Norvegia)	2500	D. Elbrux (Caucaso)	5646	M. M. Bialuka (Altai)	3270	D. Monte Pisi	1200
O. Picco di Lomnitz (Carpazi)	2560	E. Damavand (Persia)	5300	N. Kluchevsk (Siberia)	4800	E. M. Frobo (Reg.ne polare Austr.)	4800
P. Il Lodio o Olimpo (Grecia)	2710	F. M. Solomon (Afganistan)	3700			F. Tobreau (Oberaia)	3320
Q. M. Estrella (Portogallo)	2300	G. Iada-Kirk (id.)	6000			G. Pico della N. Cuneo	4870
						H. Ceram (Molucche)	2600

G. Boccardo Fisica del Globo

Digitized by Google

Vignemale	(Pirenei)	sul livello del mare	3298	metri
Picco del Mezzodì	»	»	2877	»
Canigù	»	»	2785	»
Peñalara	»	»	2370	»
Cabezas de Hierro	»	»	2370	»
Somo-Sierra	»	»	1460	»
Sierra de Foja	»	»	1100	»

Varchi dei Pirenei

Varco d'Oo	3002	metri
» Viei d'Estaube	2564	»
» Pinede	2499	»
» Gavarnia	2333	»
» Cavarera	2244	»
» Turmaleto	2177	»

L'altezza media della cresta pirenaica è di 2437 metri. Fra i luoghi più alti della Penisola Iberica, abitati dall'uomo, sono:

Villaggio di Heas	1497	metri
» Gavarnia	1335	»
» Baréges	1244	»
Palazzo di S. Ildefonso	1155	»
Burgos	880	»
Ocaña	704	»
Madrid	635	»

B. — Sistema Alpino.

Monte Bianco	4810	metri
Monte Rosa	4636	»
Finsterarhorn	4362	»
Iungfrau	4180	»
Orsina	4105	»
Pelvoux	3934	»
Orteier	3909	»
Monte Viso	3836	»
Colle del Gigante	3180	»
Monte Tabor	3180	»
Gran S. Bernardo	3048	»

Varchi Alpini.

Varco del Cervino	3440	metri
» del Gran S. Bernardo	2491	»

Varco del Colle di Segna	2461	metri
» della Furka	2439	»
» del Ferret	2324	»
» del piccolo S. Bernardo	2192	»
» del S. Gottardo	2075	»
» del Cenisio	2066	»
» del Sempione	2005	»
» del Monginevra	1937	»
» dello Spluga	1925	»
» del Colle di Tenda	1795	»
» del Brennero	1420	»

I più alti luoghi abitati nelle Alpi sono:

Ospizio del Gran S. Bernardo	2491	metri
» del S. Gottardo	2076	»
Villaggio di S. Veran	2040	»
» di Breuil	2007	»
» di Maurin	1902	»

L'altezza media della cresta delle Alpi è 2340 metri.

C. — Altezze di diverse altre montagne d'Europa.

Budosch	(Transilvania)	2924	metri
Sural	(Id.)	2924	»
Legnone	(Appennini)	2806	»
Punta Lomnis	(Carpati)	2701	»
Sneehaten	(Norvegia)	2500	»
Monte Corno	(Appennini)	2900	»
Monte Velino	(Id.)	2393	»
Monte Athos	(Grecia)	2066	»
Beerberg	(Turingia)	1928	»
Inselsberg	(Id.)	1808	»
Hussok	(Moravia)	1624	»
Schneekoppe	(Boemia)	1608	»
Adelat	(Svezia)	1578	»
Monte dei Giganti	(Boemia)	1512	»
Punta Nera	(Spitzberg)	1372	»
Ben Nevis	(Scozia)	1325	»
Fichtelberg	(Sassonia)	1212	»
Monte Erico	(Sicilia)	1187	»
Brocken	(Sassonia)	1140	»
Snowdon	(Paese di Galles)	1100	»
Shehallen	(Scozia)	1039	»

Altezze dei Principali Vulcani d' Europa.

Etna	(Sicilia)	3313	metri
Eirefa-Jokul	(Islanda)	1806	»
Eifialla-Jokul	»	1733	»
Ecla	»	1557	»
Vesuvio	(Italia)	1181	»

Altezze di vari Laghi Elvetici.

Lago di Thun	556	metri
» Neuchatel	435	»
» Zurigo	408	»
» Costanza	398	»
» Ginevra	372	»

Altezze di vari luoghi abitati d' Europa.

Innsbruck	566	metri
Monaco	515	»
Losanna	507	»
Augusta	475	»
Salzborgo	452	»
Neuchatel	438	»
Ginevra	375	»
Freyberg	372	»
Ulma	369	»
Ratisbona	362	»
Gotha	307	»
Mosca	300	»
Torino	230	»
Weimar	210	»
Praga	179	»
Magonza	176	»
Cassel	158	»
Gottinga	134	»
Vienna	133	»
Jena	130	»
Milano	128	»
Bologna	121	»
Parma	93	»
Dresda	90	»
Roma	46	»
Berlino	40	»

Digitized by Google

Offriamo qui al lettore un mezzo comparativo, per concepire più agevolmente il valore dei numeri precedenti e successivi, presentandogli quello delle altezze di vari edifizi al di sopra del suolo circostante:

La piramide di Giseh in Egitto	146	metri
La torre di Strasborgo	142	»
La torre di S. Stefano a Venezia	138	»
La cupola di S. Pietro in Roma	132	»
La torre di S. Michele a Amborgo	130	»
La guglia della Cattedrale di Anversa	120	»
La lanterna di Genova	117 40	»
La cupola di S. Paolo a Londra	110	»
La guglia maggiore del Duomo a Milano	109	»
La torre degli Asinelli a Bologna	107	»
La guglia degli Invalidi a Parigi	79	»
La punta degli alberi di un vascello di 120 cannoni	73	»

II. AFRICA.

Killimangiaro	6100	metri
Ambotismeno (Madagascar)	2517	»
Picco delle Nevi (Borbone)	4100	»
Giurgiura (Algeria)	2126	»
La Tavola (Capo di B. Speranza)	1163	»

Vulcani.

Picco di Tenerifa	3711	metri
Fuego (Capo Verde)	2400	»
Le tre Salasse (Borbone)	2400	»
Green-Mountain (Ascensione)	760	»

Luoghi abitati.

Costantina	661	metri
Maroceo	412	»

III. ASIA.

A. — Vette dell'Imalaia.

Gaurisankar o Everest	8840	metri
Dhawaladgiri	8176	»

Digitized by Google

Jawahir	7848	metri
Jamnutri	7823	»
Cosainthan	7528	»
Chumalari	7293	»

L'altezza media della cresta dell' Imalaia è di 4777 metri.

B. — Altre montagne Asiatiche.

Cima occidentale del Caucaso	5646	metri
Cima orientale (Id.)	5624	»
Picco sulla frontiera russo-cinese	5135	»
Kasbeck	5045	»
Grande Ararat	4566	»
Ofir (Sumatra)	3950	»
Argeo	3840	»
Kondurgagh	3748	»
Libano	2906	»
Punta del piccolo Altai	2202	»

Laghi Asiatici.

Laghi Sacri di Mapan e di Rakas-Tal	4570	metri
Lago Urmia	1523	»
» Salato di Tuz-Cheul	895	»
» Zarah	580	»

Vulcani Asiatici.

Klutschaw	4800	metri
Kronoskaia Sopka	3380	»
Avatscha	2564	»
Tolbatschioskaia Sopka	2400	»

Luoghi Abitati.

Ladak	3040	metri
Bach-Kichla	2370	»
Erzerum	2896	»
Ispahan	2340	»
Gerusalemme	805	»
Balkh	585	»
Dehli	257	»
Lahore	227	»
Barnaul	147	»
Tobolsk	35	»

Digitized by Google

IV. AMERICA.

A. — Cordigliere delle Ande.

Aconcagua	(Chili)	7291	metri
Sahama	(Bolivia)	7012	»
Parinacota	»	6614	»
Pomarape	»	6613	»
Chimborazo	(Perù)	6530	»
Nevado di Sorata	(Bolivia)	6488	»
Nevado di Illimani	»	6456	»
Gayambe-Urca	(Perù)	5919	»
Chipicani	»	5760	»
Pichu-Pichu	»	5670	»
Piramidi d'Ilissa	»	5345	»
Inchocalo	»	5240	»
Cerro dei Potosi	»	4888	»
Nevado del Corazon	»	4845	»

Varchi delle Ande.

Varco di Paquani	(Cordigliera Orientale)	4641	metri
» di Guallias	(dalla Paz a Arica)	4520	»
» di Tolapalca	(da Oruro a Potosi)	4290	»
» dos Altos do los Huesos		4137	»

L'altezza media della cresta delle Ande è di metri 3607.

Luoghi Abitati.

Casa di Posta di Ancomarca		4792	metri
» tra Arequipa e Pumo		4376	»
» di Chuilunquani		4227	»
» di Rio-Mauro		4196	»
» di Huayllas		4194	»
» di Challa		4148	»
» di S. Lucia		4088	»

B. — Altre vette Americane.

Sierra Nevada	(Messico)	4786	metri
Picco Fremont	(Wind-River Mountains)	4135	»
El Cofre de Perote		4088	»
Silla de Caracas	(Venezuela)	2630	»
Duida	(Sierra di Parima)	2553	»
Monti Azzurri	(Giamaica)	2218	»

Digitized by Google

M. Washington	(Alleghani)	4900	metri
Itacolumi	(Brasile)	4754	»
Cerro de la Giganta	(California)	4494	»

Laghi.

Lago di Titilaca (Bolivia e Perù)	3872	metri
» di Timpanogos (Messico)	1280	»
» di Nicaragua	38	»

Vulcani.

Gualatieri	6693	metri
Antisana	5883	»
Cotopaxi	5842	»
Arequipa	5782	»
Popocatepetl	5440	»
Orizaba	5295	»
Saogay	5223	»
Purace	5184	»
Monte S. Elia	5400	»
Tunguragua	5026	»
Rucu-Pichincha	4854	»
Cumbal	4764	»
Montagna del Bel Tempo	4380	»
Pasto	4100	»
El-Viejo	2923	»
Colima	2800	»

Città e Luoghi Abitati.

Potosi	4166	metri
Casa d'Antisana	4101	»
Chucuito	3970	»
Puno	3911	»
Oruro	3792	»
La Paz	3717	»
Micnicampa	3618	»
Tupisa	3049	»
Quito	2908	»
Coxamarca	2860	»
Chuquisaca	2844	»
Cuença	2633	»
Cochabamba	2575	»

Zacatecas	2450	metri
Santa-Fè	2418	»
Arequipa	2377	»
Mexico	2276	»
Tula	1978	»
Queretaro	1940	»
Lima	156	»

V. OCEANIA.

Muna-Roa (Havai)	4840	metri
Berapi (Sumatra)	3960	»
Tobreonu (Otahiti)	2865	»
Taschen (Giava)	1949	»
Gunung-Guntur »	1853	»
Gunung-Keram »	1605	»
Ternate (Moluche)	1247	»

Digitized by Google

LEZIONE XXVII.

Costituzione della Superficie del Globo

(Segue)

Idrografia

—

SOMMARIO.

Principii generali di Idrografia. — Sorgenti dei fiumi. — Loro corsi. — Pendenze e Velocità. — Influenza che la rotazione della Terra esercita sul corso dei fiumi. — Il *Mascaret*. — Le *Barre*. — Le escrescenze periodiche. — Nomenclatura idrografica. — Sistemi idraulici di Europa, — d'Africa, — d'Asia. — Sistemi fluviali di America e di Oceania. — I Laghi nelle varie parti del Globo.

I.

Signori,

L' Idrografia, o quella divisione della fisica geografia che studia la parte liquida del globo terraqueo, si divide in due grandi parti intimamente fra loro connesse, cioè: 1.° l' Idrografia marittima, che considera le acque raccolte nei bacini oceanici e nelle loro dipendenze; e 2.° l' Idrografia fluviale e lacuale, che descrive i fiumi ed i laghi.

La prima di queste due parti formò già l' oggetto delle nostre Lezioni 9.ª, 10.ª ed 11ª. Alla seconda quindi dobbiamo ora rivolgere la nostra attenzione.

I Fiumi, queste *mobili strade* (come li chiamò Biagio Pascal) *che portano l'uomo e le sue navi*, sono da annoverarsi fra i più

possenti fattori della grandezza, della forza e della ricchezza delle nazioni. La maggior parte delle città che dettarono leggi al mondo, si trovano situate in riva al mare o a qualche fiume; perocchè gli interessi economici trovarono quivi un energico centro di attrazione, ed il genio dei grandi fondatori degli imperi comprese ognora i vantaggi che dovevano risultarne. Indi la somma importanza dello studio che stiamo per intraprendere.

Tutti i fiumi debbono naturalmente la loro prima origine alla precipitazione atmosferica; e le loro dimensioni sono in proporzione composta dell' area dei loro bacini, e della media quantità annuale della precipitazione suddetta. Ma la maggiore o minore deviazione dalla uniformità nel volume di acqua portata nelle differenti stagioni, la quale è un elemento della massima importanza nel complesso dei caratteri fisici di un fiume, dipende in gran parte, come bene osserva sir Giovanni Herschel nella sua bella *Geografia Fisica*, dal modo giusta il quale l' acqua di un fiume raggiunge i suoi canali, modo che può verificarsi in tre guise diverse: 1.° Per immediato scolo di superficie, vale a dire in funzione della pioggia direttamente raccolta e trasportata, senza previo assorbimento della terra; 2.° Per sorgenti, vale a dire per acqua di pioggia, che ha penetrato per filtrazione gli strati terrestri, e, raccolta in sotterranei canali, ne esce poi alla superficie; 3.° Per squagliamento e fusione delle nevi e dei ghiacci, nelle valli montane, durante la state. Il suolo, se poroso, agisce come un serbatoio; ed il graduale suo scolo tende ad eguagliare la portata media mensile de' fiumi, alimentandone il corso nell' asciutta stagione. Egli è perciò che nei climi che non presentano ricisa divisione tra le stagioni piovose e le secche, dove il suolo è poroso ed abitualmente umido, e dove i più alti livelli dei corsi d' acqua sono al di sotto delle nevi perpetue, o dove i campi di ghiaccio non sono vastamente sviluppati, i fiumi non vanno soggetti a periodiche irregolarità, ma bensì soltanto a quelle che risultano da inusitati e lungamente continuati periodi di siccità o di pioggia. Tali sono, per la più parte, i fiumi delle zone temperate.

È questo il luogo opportuno di riassumere la teoria delle Sorgenti ordinarie: in quanto alle fonti termali e minerali, ne fu già a lungo da noi discorso in altra occasione. *(V. Lez. XXIII^a).*

Le fonti provengono, come or ora accennammo, dalla filtrazione delle piogge o delle acque correnti negli strati terrestri, a variabili profondità. Le più abbondanti prendono la scaturigine loro nelle montagne calcari, i cui strati inclinati e porosi si lasciano più agevolmente penetrare dalle piogge. Quando il sotterraneo canale è foggiato a forma di sifone, si hanno talora le fonti intermittenti, come la Pliniana sul lago di Como, come parecchio in Francia, in Inghilterra, in Svizzera, nel Giappone, nella Casmiria. Allorchè l' orifizio del sifone si apre al fondo del mare, e grande è l' inclinazione degli strati impermeabili attraverso ai quali l'acqua discende, si hanno le *polle d' acqua dolce* emergenti al pelo dell' acqua marina, una delle quali, bellissima, abbiamo noi nel golfo della Spezia.

Le correnti sotterranee possono talora essere molto ragguardevoli e formare veri laghi nel sottosuolo, come avviene nella Carniola; riprendendo poi la loro direzione verso la superficie, quelle correnti si innalzano qualche fiata ad un livello superiore a quello della loro giacitura, dando luogo così a fonti intermittenti; se ne vedono nella Cina. Uno scandaglio a trivella, immesso in quelli strati, fa zampillare l'acqua pel praticato foro, il che produce un pozzo Artesiano. Si può sperare di ottenere un pozzo artesiano nelle pianure e nelle valli, nelle quali s'incontrano strati di sabbia, di loro natura molto permeabili, posti fra altri strati impermeabili, di argilla per esempio: i terreni terziani sono i più favorevoli; e i così detti possessori della *bachetta magica* altro non sono fuorchè periti conoscitori di questa proprietà dei terreni.

Tra i fenomeni che le sorgenti presentano, uno dei più notevoli è la loro continuità: i geologi l' attribuiscono al concatenamento delle leggi naturali, ed all' equilibrio che si stabilisce, alla superficie del globo, tra l' evaporazione delle acque e la loro precipitazione alternativa. Si videro però talora certe fonti esaurirsi

ed altre scemare; il che fu attribuito, ma senza sufficienti prove dirette, allo sboscamento.

La permanenza della loro temperatura è un fenomeno non meno singolare, che ci offrono le fonti: essa varia pochissimo nelle diverse stagioni dell'anno, e, tutt' al più, di uno o due gradi. Nei nostri paesi, la temperatura massima delle sorgenti osservasi in settembre, la minima in marzo. Egli è chiaro che queste tenui modificazioni sono dovute all'azione del calor solare, che penetra lentamente ed in fievole proporzione attraverso alla crosta della terra. L' eccesso di calore che si ha, sottratti i massimi e i minimi, deriva dalla temperatura terrestre, che rimane, come a suo luogo già dissi, quasi invariabile a pochi metri di profondità. Credesi che a 3 chilometri, le acque sarebbero bollenti.

Partendo da un gran numero di osservazioni, si è creduto di potere stabilire questa legge singolare, che, cioè, la temperatura delle sorgenti dà, presso a poco, la media annuale della temperatura ambiente dei paesi ove elle si trovano. In alcuni luoghi, questa coincidenza è assolutamente esatta; in nessuno si incontra una differenza maggiore di 3 gradi. Il Professore Kupffer ha costrutto una tavola, che conferma le osservazioni fatte già da Wallenberg, giusta il quale la temperatura delle sorgenti è più alta che la media temperatura dell' aria nelle alte latitudini; mentre, secondo le osservazioni di De Buch e di Humboldt, nelle basse latitudini, la temperatura delle fonti è minore della media dell'atmosfera. Ecco la tabella:

Luoghi	Latitudine	Altitudine sul liv. del mare	Temperatura delle fonti.	— dell'aria	Osservatori
Congo	9 ½ S.	450m	22,75	25,62	Smith
Cumana	10 ¾ N.	0	25,62	28,00	Humboldt
S. Jago (Capo Verde)	15° N.	0	24,50	25,00	Hamilton
Rock (Giamaica) .	18° N.	0	25,12	27,00	Hunter
Avana	23° N.	0	23,50	25,62	Ferrier
Nepaul	28° N.	0	23,25	25,00	Hamilton
Teneriffa	28° ½ N.	0	18,00	21,62	De Buch
Cairo	30° N.	0	22,50	22,50	Nonet

Digitized by Google

Luoghi	Latitudine	Altitudine sul liv. del mare	Temperatura delle fonti.	Temperatura dell' aria	Osservatori
Algeri	36° 47′ N.	0	17,05	17,84	Aimé
Cincinnati	39° N.	460	12,37	12,12	Mansfield
Filadelfia	40° N.	0	12,75	12,37	Warden
Carmeaux . . .	43° N.	300	13,00	11,37	Cordier
Ginevra	46° N.	350	11,12	9,62	De Saussure
Parigi	49° N.	75	11,50	10,87	Bouvard
Berlino	52° 1/2 N.	40	10,12	8,00	Bouvard
Dublino	53° N.	0	9,62	9,50	Kirwan
Kendal	54° N.	0	8,75	7,87	Dalton
Keswich	54° 1/2 N.	0	9,25	8,87	Dalton
Conisberga . . .	54° 1/4 N.	0	8,12	2,25	Erman
Edimborgo . . .	56° N.	0	8,75	8,75	Playfair
Carlscrone . . .	56° 1/2 N.	0	8,50	8,50	Walhenberg
Upsala	60° N.	0	6,50	5,62	Id.
Umeo	64° N.	0	2,87	2,75	Id.
Giwartenfiall . . .	66° N.	500	1,25	3,75	Id.
Kisnekejewa . . .	54° 1/2 N.	300	4,37	1,50	Kupffer
Kasan	56° N.	30	6,25	3,00	Id.
Nishney-Tagilsh . .	58° N.	200	2,87	0,25	Id.
Werchotourie . .	59° N.	200	2,30	0,87	Id.
Bogoslowsk . . .	60° N.	200	1.87	0,50	Id.

Poichè abbiamo accennato alla temperatura delle sorgenti, sarà opportuno qui il far menzione di quella dei fiumi, ch'esse alimentano.

Come or ora si vedrà, la maggior parte dei fiumi pigliano origine nei ghiacciai delle alte montagne; epperò le loro acque sono fredde a principio, e la diversità di loro temperatura dipende in seguito, dal calore ch'esse tolgono, nel loro corso, a prestanza dai raggi del sole, dall'aria ambiente e dalle terre; attraverso a cui scorrono. L'acqua essendo cattiva conduttrice del calorico, e lasciando penetrare, più difficilmente dell'atmosfera, i raggi solari, resta, d' ordinario, più fredda dell' aria.

Durante la notte, essa perde inoltre, per irradiazione, una parte del calore, che le falde superiori hanno guadagnato nel giorno, rimanendo il fondo più freddo della superficie, ad eccezione delle stagioni più rigorose e dei climi estremi polari.

La rapidità del corso de' fiumi (di cui parleremo fra breve) è un ostacolo al loro congelamento, che d' ordinario non accade quindi se non nei più algidi inverni. Il ghiaccio comincia a formarsi sulle sponde, dove la corrente è più debole, e dove il contatto con la riva è cagione di deperdimento; poi i ghiacciuoli, staccandosi dal lido, diventano i nuclei dei ghiacci natanti. Lo spirar dei venti in senso opposto al corso dell' acqua affretta la loro formazione. La continuità del freddo e l' agglomerazione dei ghiacciuoli finisce poi per determinare il loro saldamento in una massa omogenea e continua.

Interessanti osservazioni furono fatte altresì sulla temperatura dei laghi. Il dotto geologo De-La-Bèche ottenne i dati seguenti: da un braccio fino a 5 di profondità, il Lemano ha una temperatura fra 19° 34 e 17° 70; quindi scende costantemente con la profondità. Ma, da 90 fino a 164 braccia, il decremento si ferma e la temperatura resta costante a 6° 39. Nei laghi di Thun e di Zug, la profondità essendo a 15° 55, De-La-Bèche trovò 8° 27 a 50 e 100 braccia. Le cose mutano di aspetto, quando l' acqua si congela alla superficie: la temperatura cresce allora progressivamente fino al massimo della densità dell' acqua.

Ho giudicato importanti questi cenni sulla temperatura delle sorgenti, dei fiumi e dei laghi, ai quali porgeva opportunità l' intrapreso argomento. — Faccio ora ritorno al sistema di alimentazione dei corsi d' acqua.

Nelle regioni, dove periodiche sono le piogge, dove l' anno è diviso in una secca ed in una piovosa stagione, quale è appunto il caso delle regioni intertropicali, i corsi d' acqua obbediscono anch' essi a questa legge di periodicità; — solamente è da osservare che il principiar delle piene, nella più bassa parte del corso d'acqua, è sempre posteriore all' epoca delle piogge nella parte più elevata, e tanto posteriore, quanto è più lungo il tragitto che l' acqua deve percorrere da questa a quella sezione. Così l' inondazione del Nilo, che può esser presa qual tipo di questa categoria di fenomeni, comincia a farsi sentire in Abissinia e nel

Sennaar in Aprile, mentre la piena non è percettibile al Cairo se non presso al solstizio di estate. Nelle ultime 1200 miglia del sno corso, il Nilo non riceve affluenti, e la crescente evaporazione dipendente dal progressivo aumento del calore annuale, ha, senza dubbio, qualche influenza nel produrre l'accennato ritardo.

Quando la linea di alimentazione fluviale è sufficientemente elevata, per ricevere e ritenere nevi abbondanti, queste agiscono, a volta loro, come un serbatoio, e conservano l'umidità durante tutta la fredda stagione. Al venir della state, la neve si scioglie; e se lo squagliamento giunge fino al limite della neve perpetua, la provvista, così fornita, dura per tutta la stagione calda. Ciò può talvolta coincidere rigorosamente, e tal altra non coincidere punto, con la provvista derivante dalle piogge periodiche; sebbene generalmente parlando, qneste piogge essendo, nelle regioni intertropicali, al loro massimo, quando il sole è quasi verticale e quando, per conseguenza, i snoi raggi calorifici sono più efficaci a squagliar le nevi, le due cagioni debbono quindi il più delle volte cospirare e sommarsi. Così, per citare alcuni esempi, le piene dell'Indo dipendono principalmente dallo sciogliersi delle nevi sull'Imalaia, dall'Aprile al Settembre (poca essendo la relativa quantità di pioggia cadente nel suo basso bacino) e sono al loro massimo punto in Luglio. Le piene del Gange e del Bramaputra presentano un caso di non esatta coincidenza fra le due cause; giacchè tutta la bassa contrada, adiacente a quei grandi fiumi, è inondata dalle enormi piogge prima che l'acqua proveniente dalla fusione delle nevi (la quale, specialmente nel Bramaputra, dee fare un vasto circuito, pria di raggiungere le pianure) abbia avuto tempo di arrivarvi.

Nelle contrade, la cui provvista d'acqua non giunge al limite delle perpetue nevi, la completa fusione di quelle giacenti al di sotto di quel limite stesso, pone un termine all'approvvigionamento. E se ivi è poca la pioggia estiva, non si hanno che torrenti montani che, dopo rabbiose ma momentanee piene, cessano di avere acqua o ne hanno scarsa quantità nella più calda sta-

gione, il che accade di molti corsi d' acqua in Grecia, in Italia e più ancora in Ispagna.

Allorquando, nella superiore porzione di un corso d'acqua, esistono ampi laghi, il regime del fiume è molto regolare; dappoichè quei serbatoi tendono ad eguagliarne le condizioni nelle varie stagioni. È questo il grande privilegio, che l' alta Italia ha sulla media e sulla bassa. Ma l' esempio più caratteristico ci vien fornito dal S. Lorenzo in America, il quale, con un bacino di alimentazione di 297,000 miglia geografiche quadrate, ne ha nientemeno che 94,000 occupate da laghi, epperò conserva un quasi equabile volume d'acqua, durante tutte le stagioni. Quando, per lo contrario, non esistono laghi, per difetto di ineguaglianze nella superficie, e specialmente quando molto debole è, su vaste estensioni, la declività del terreno, avvengono allora grandi inondazioni ogniqualvolta la massa delle acque si aumenta per modo, da uscire da' suoi consueti canali. Tale è il caso (come noi vedemmo nella antecedente lezione) delle Silvas nelle ampie nemorose pianure del bacino dell' Amazzone, le quali sono, per la massima parte, così uniformi e sì poco inclinate, che tutta la contrada (di circa 1740 miglia geografiche di larghezza) dalle falde orientali delle Ande fino al Gran Para, ha soltanto una pendenza di 25°, e sotto il parallelo di 5°, dal Capo di San Rocco a Jaen de Bracamoros (2640 miglia geografiche) una pendenza di 16° soltanto, ossia di un piede sopra 13,600. Da ciò deriva che, in marzo, quando il fiume raggiunge la massima piena, una grande porzione di quell' area immensa non è più che una vasta e monotona palude.

Sul regime idrografico di una regione, oltre alla presenza delle nevi sullo spartiacqua, influisce ancora la generale elevazione di questa linea e del distretto cui essa appartiene; perchè da questa elevazione in gran parte dipende la quantità della precipitazione. Quest' ultima è principalmente determinata dall' ascensione dell'aria, carica di vapori, verso più alti strati atmosferici, dove perde porzioni crescenti della sua temperatura, fino a tanto che i vapori, condensandosi, ricadano. Egli è perciò che l' altitudine degli

spartiacqua e la loro situazione rispetto ai venti umidi dominanti, sono due punti di primaria importanza nel determinare il volumo di acqua scaricata dal fiume.

Alcuni fiumi presentano, presso alla loro foce, un fenomeno non meno singolare che formidabile, dovuto all' azione delle maree. All'istante del flusso, invece di montare, come avviene sulle coste marittime, con ondate graduali e successive, il mare si precipita sotto forma d'immensa cateratta, formando un' onda rotolante, la quale risale il letto dol fiume con ispaventosa velocità, ed innalza repentinamente il livello del fiume medesimo.

In Francia, questo notevole effetto delle maree fu osservato da gran tempo nella Dordogna, e descritto, sotto il nomo di *Mascaret,* dal celebre Bernardo Palissy; esso accado anche nella parte della Senna compresa fra Quillebeuf e Caudebec, e fu egregiamente descritto, a' di nostri, dal Sig. Babinet. Lo stesso fenomeno si incontra, sotto il nome di *Bore,* nei fiumi del nord della Scozia e nell'Inghilterra (negli estuarii della Saverna e dell'Humber); ed in India, in alcuni dei rami del Gange. Alle foci dell'Amazzone, il gigante de' fiumi, il fenomeno istesso (colà chiamato *Pororoca*) assume straordinarie proporzioni. Nei tre giorni (dice La Condamine) più vicini ai pleniluni ed ai noviluni, tempo delle più alte maree, il mare, invece d' impiegare sei ore a salire, giunge in uno o due minuti alla sua massima altezza. È agevole comprendere che ciò non può in modo alcuno accadere tranquillamente. Odesi, da una o due leghe di distanza, un fragore spaventevole, che annunzia il Pororoca; a misura che il terribil fiotto s'avvicina, aumenta il frastuono, e bentosto scorgesi un promontorio di acqua, di 12 o 15 piedi di altezza; poi un altro; poscia un terzo, e talora un quarto, che si succedono da vicino, e che occnpano quasi tutta la larghezza del canale; quell' onda si avanza con prodigiosa rapidità, rompendo e schiacciando furiosamente quanto incontra sul suo passaggio.

La spiegazione del fenomeno è stata data dal citato Sig. Babinet, il quale (nn po' teatralmente, al suo solito) lo ha però descritto

con molta esattezza. Applicando con rara sagacia le teorie di Lagrangia e di Russel, sul ritardo che subiscono le onde in un'acqua man mano meno profonda, egli ha dimostrato che in tutti i luoghi dove la profondità diminuisce (come avviene appunto negli estuarii dei fiumi) i primi fiotti, ritardati appunto da questa cagione, devono essere raggiunti dai fiotti successivi, i quali si avanzano in acque più basse, e questi ultimi devono, per la cagione stessa, esser raggiunti da quelli che li seguono; di modo che i fiotti anteriori essendo sorpassati in velocità da tutti quelli che loro succedono, questi ultimi devono ricadere in massa al di sopra delle ondate precedenti, e produrre quella immensa cateratta rotolante, di cui abbiamo poc' anzi descritto la forma e gli effetti.

La natura dei terreni appartenenti ad un bacino, facilitando più o meno la evaporazione e la filtrazione, influisce potentemente anch'essa sull'economia fluviale. I terreni permeabili, come gli oolitici, i cretacei, assorbono le acque pluviali; mentre gli impermeabili, come graniti, gres verdi, lias ecc., lasciano libera scorrere sulla loro superficie una gran parte delle acque cadenti. I permeabili però possono divenire impermeabili *per posizione*, quando l'acclività è troppo grande, per dar tempo all'assorbimento. La vegetazione esercita anch' essa sul fenomeno la più energica influenza, come mi occorse già di accennare più volte in altre occasioni. Con le loro foglie e coi rami aumentando la superficie di assorbimento e di umettazione, con le radici contenendo le terre e diminuendo la caduta di queste nei letti dei corsi d'acqua, le piante regolarizzano il regime fluviale.

La direzione dei corsi d' acqua è naturalmente regolata dalle linee di più basso livello, ed è, per conseguenza, determinata dalle cause medesime che hanno prodotto il sollevamento delle catene montane e la dislocazione dei loro strati. Una osservazione generale che può farsi sulla direzione dei fiumi, si è che quasi tutti i più grandi corsi d' acqua sul globo affluiscono all' Oceano *in direzione orientale*; di seconda grandezza sono in generale quelli che scorrono verso il sud od il nord, sebbene questa re-

gola patisca numerose eccezioni (Mississipi, Volga, Makenzie, Obi, Lena, Jenissei, Reno); i più piccoli sono i fiumi scorrenti verso occidente. Tutto ciò dipende dalla struttura dei continenti, come di lieve comprenderà chiunque abbia presenti le cose discorso nelle due precedenti nostre lezioni.

La velocità dell' acqua in un fiume è più grande nel mezzo e a piccola profondità sotto la superficie, essendo ritardata, al fondo ed ai lati, dalla frizione sul letto e sulle rive, e negli strati intermedi, dalla frizione sull' acqua che muove con una velocità minore di essa. Il ritardo è tanto più grande, quanto più largo il letto fluviale e quanto è maggiormente ostrutto ed impedito da irregolarità. La rapidità dei fiumi è generalmente assai mite: il Tamigi, da Chertsey a Teddington-Lock, ha una pendenza di 17 $^1/_2$ pollici per miglio ossia di 57″ (un pollice per miglio corrisponde a 3′ 26″). Il Nilo, tra Assuan ed il Cairo, ha una media pendenza di 6 $^1/_2$ pollici per miglio (21″). Quella dell' Amazzone è, giusta La Condamine, di 6 $^1/_2$ pollici per miglio. Il Gange, secondo Rennie, è acclive, in media, di 4 pollici per miglio (13″04). Il Rodano è il più rapido fiume dell' Europa, e forse (per sì lunga tratta) del mondo: dal lago di Ginevra a Lione, la sua pendenza media è di 4′ 24″; da Lione alla foce, di 1′ 46″. La media velocità del Nilo è di 2 $^3/_4$ miglia all' ora, quella del Gange da 3 a 5 miglia. La velocità dei fiumi dipende però molto più dalla loro profondità e dal corpo d' acqua da essoloro trasportato, che dalla loro pendenza (ad eccezione dei casi di acclività veramente straordinaria), giacchè la velocità generata dalla mera caduta di acqua ò quasi interamente distrutta ad ogni istante dalla frizione.

Il lavoro meccanico rappresentato dalla caduta dell' acqua nei fiumi e dalla frizione, è enorme, e sviluppa quantità parimente enormi di calore, che influiscono sulle rispettive temperature e, per conseguenza, sui climi.

Nel letto dei fiumi, nella loro direzione od orientazione e nelle forme e condizioni generali del loro corso accadono frequenti, anzi

continui cambiamenti, che la Fisica del Globo deve ricordare, e dei quali essa deve assegnare le cagioni.

Il primo ed il più importante, tuttochè il meno comunemente osservato fra questi cambiamenti, della fluviale economia, è quello determinato dalla rotazione della Terra; dappoichè l'acqua scorrente nei fiumi, come quella dell' Oceano, come le onde aeree, subisce l' influenza delle grandi leggi astronomiche; ed i fiumi, al pari dei venti, al pari delle correnti marine, tendono a spostare il loro corso, per modo da descrivere un arco di rivoluzione attorno al pianeta.

Nella sua bella e recentissima monografia, intitolata *La Terre*, il Sig. Eliseo Reclus ha stupendamente posto in chiaro questa legge, ed io principalmente mi varrò delle sue dotte considerazioni a tale proposito. — Le acque correnti che la Terra, nel suo movimento diurno, trascina, non si comportano già come i corpi solidi posati sul suolo. Nell' atto che questi ultimi, simili a mere asperità della terrestre superficie, descrivono uniformemente la loro orbita di ogni giorno attorno all' asse centrale, le molecole fluide, invece, le quali scivolano sulla rotondità del globo, traversano successivamente diverse latitudini, ed il loro movimento varia, per tale cagione. La velocità di rotazione essendo completamente nulla sui punti matematici che servono di poli, e gradatamente crescente fino alle regioni equatoriali, dove oltrepassa 450 metri al secondo, qualunque mobile, che dirigesi da un polo verso l'equatore, deve necessariamente restare *in ritardo* del movimento terrestre via via più rapido, che lo trascina, e, per conseguenza, deviare verso occidente, che è quanto dire a destra nell' emisfero boreale, a manca nell' emisfero australe. Del pari, qualunque corpo che muovasi dall' equatore verso l' uno de' poli, *precorre*, in conseguenza della sua velocità acquisita, al movimento angolare del globo, e devia necessariamente a levante, vale a dire a destra ancora nell' emisfero settentrionale, a sinistra nel meridionale. Si è ciò appunto che hanno renduto perfettamente visibile le celebri esperienze sul pendolo fatte dal Sig. Foucault, le quali io ho descritto nella mia VI^a Leziono; si è ciò altresì che cia-

scuno può agevolmente verificare, facendo rapidamente girare sopra sè stesso un globo sospeso, e lasciando al tempo medesimo scorrere sulla sua superficie un liquido colorato. Allorquando noi esponevamo le leggi delle correnti marine *(Lez. X^a ed XI^a)* e quelle dei venti Alisei e della circolazione aerea *(Lez. VIII^a e seguenti)*, fu nostra cura di osservare questo effetto della rotazione terrestre su quelle varie specie di fluidi, effetto che avevamo già fatto presentire, in modo più generale ancora, in una delle prime lezioni, consacrata allo studio dei complicati movimenti del nostro pianeta. Si è, del pari, creduto di osservare l'impero della legge stessa nei disastri accaduti sulle ferrovie correnti nella direzione dei meridiani, ogniqualvolta le locomotive e le vetture, sbalzate fuori dalle rotaie, tendono (dicesi) a cadere costantemente a destra dell'emisfero boreale, a sinistra nell'australe. La legge medesima applicasi egualmente a tutti i corsi d'acqua; e purchè la configurazione del suolo vi si presti, purchè le oscillazioni della superficie terrestre od altre forze geologiche non vengano a contrariarla, essa fa regolarmente deviare le acque correnti a dritta nell'emisfero nord, a sinistra nell'emisfero sud. In quanto ai fiumi che scorrono paralleli all'equatore, nessuna forza li obbliga a corrodere l'una piuttostochè l'altra delle loro rive; ma sono ritardati nel loro corso, se vanno verso levante, accelerati al contrario, se scendono verso occidente.

È questa la legge che parecchi geografi avevano da gran tempo indicata, e che il Sig. De Baer ebbe il merito di aver compiutamente dimostrata. Si è in virtù di questa legge, che tutti gli affluenti della Plata, a sud dell'equatore, rodono continuamente la loro riva sinistra; — che, nell'emisfero nord, l'Eufrate tende a riversarsi intero nel letto dell'Hindiah, a destra del suo proprio corso; — che il Gange ha spostato già notevolmente verso ponente il suo precipuo canale, nel delta dal fiume stesso formato; — che l'Indo, rosicchiando le ghiaiose colline della sua riva occidentale, porta il suo delta molto a ponente; — che il Nilo, abbandonando il suo antico letto nel deserto di Libia, lo ha traslocato presso

alla catena arabica; — che, in Europa, la Gironda, la Loira, l' Elba corrodono la base dei rialti, che incoronano la destra loro sponda; la Vistola sprofonda la sua foce orientale, a spese di quella di ponente; il Reno, prima di essere arginato, nella pianura di Alsazia, si allontanava più e più dalla base dei Vogesi, per accostarsi a quella dei monti della Selva Nera; il Danubio, passando successivamente in una serie di gole, sviluppa uniformemente i suoi meandri verso dritta, a valle di ogni porta di rocce che è obbligato a traversare, talchè (giusta la bella espressione di Von Süss) questo fiume si sposta sotto l' influenza del moto di traslazione terrestre, nel modo istesso in cui, sotto lo sforzo di una corrente, si tenderebbe una fune rattenuta a certi punti fissi. Or fanno due secoli, la principale foce del Volga sboccava ancora direttamente a levante di Astrakhan; ma poi la grande corrente si è scavata successivamente nuovi letti, obliquando ognora più a dritta. A monte del delta Volgiano, il re de' fiumi europei si è dovunque spostato verso ponente, e dirimpetto a Tchernoï — lar, l' Achtuba, antico alveo del Volga, è lasciato in oggi a 20 chilometri di distanza dal ramo principale. Le ventitre città costrutte sulla riva occidentale, sono quasi tutte demolite a poco a poco, casa per casa, strada per strada, e, corrose da un lato, si ricostruiscono man mano sull' altro lato nella steppa.

Vi hanno alcuni fiumi, i quali sembrano far eccezione alla legge generale di spostamento delle acque correnti, che abbiamo or ora esposta. Tale è, in America, l' immenso Mississipi; il quale, invece di andare guadagnando sulla propria destra e di rodere la base delle alture che si adergono a ponente, viene a colpire, in ben quindici luoghi diversi, gli erti dirupi che fronteggiano l'altipiano orientale, e continuamente va obliquando il suo corso verso stanca, fino a tanto che, al di sotto di Baton-Rouge, entrato nella palustre pianura del suo delta, va in linea retta a versarsi nel mare. — D' onde questa singolare deviazione dalle ordinarie, costanti leggi cosmiche? — Per rispondere al quesito, giova dapprima osservare che l' andamento del gran fiume americano è

comune a tutti i corsi d'acqna tributari del golfo del Messico, quali il Rio Grande ed i suoi affinenti, il Rio-Peros, il Nueces, il Colorado del Texas, il Brazos, la Trinity, il Neches. Or bene, una grande teoria geologica da me ricordata in molte e diverse parti di questo mio Corso (e segnatamente nelle Lezioni VIII^a, XXIII^a, XXIV^a e XXV^a) ci porge spiegazione di questo fenomeno, dal quale, al tempo stesso, ella riceve novella luce e splendida conferma. Voglio parlare di quella teoria, con tante prove avvalorata da Lyell, da Darwin e, in generale, dai geologi della scuola delle *Cause Attuali*, secondo la qnale le catene occidentali dell'America subiscono tutte un graduale movimento di ascensione, mentre le Caroline, la Giorgia ed altre orientali contrade dell'America boreale si vanno, invece, abbassando; talchè non è punto a recar meraviglia se il corso del Mississipi e delle altre mentovate fiumane vada inflettendosi verso levante, sotto il lento movimento di altalena, da cui è animato il continente, sul quale scorrono le loro acqne.

In Europa, abbiamo il Rodano, eccezione anch'esso alla legge generale di spostamento occidentale dei fiumi. Invece di obliquare a destra (come, senza dubbio, faceva in lontani tempi) il suo corso è stato, sembra, modificato in opposto senso, in epoca relativamente recente. La causa di questo mutamento è probabilmente da ascriversi fra quelle che il dotto Sig. Marsh ha compreso sotto il generico appellativo di *modificazioni geografiche operate dall'uomo*. Sembra, infatti, indubitabile che in seguito allo sboscamento gradnale delle Cevenne e del centrale altipiano di Francia, il vento di Maestrale non abbia cessato mai di aumentare di violenza, dopo i tempi dell'occupazione romana. Questo gagliardo vento dovette necessariamente respingere le acque del Rodano verso sinistra, nella direzione appunto ch'esse sieguono oggidì. Novella riprova della universale solidarietà, che insieme collega tutte le forze cosmiche, tutti gli agenti della Natura, venti, acque, terre, solidarietà a dimostrare la qnale questo mio Corso è peculiarmente destinato.

Digitized by Google

Oltre alle mentovate cagioni, altre, più direttamente collegate con la costituzione topografica de' luoghi, ve ne hanno, a modificare il corso e la direzione dei fiumi. Tale è la prolungazione dei Delta, tale l' interrimento delle spiaggie alle foci, tale l' alzamento progressivo degli alvei, fenomeni tutti dovuti al trasporto delle materie alluvionali, onde le acque sono cariche, e la cui importanza fu da noi stessi segnalata nella VIII^{a} nostra Lezione. Lombardini ha dimostrato che il Po reca annualmente 42, 760,000 metri cubici di limo, ossia 1$^{m.}$ 36 per minuto secondo, prolungando di 70 metri all'anno il lido del suo delta. Il Sig. Thomassy, paragonando le antiche carte francesi del basso Mississipi, con quelle dell'ufficio idrografico della marina americana, ha creduto di potere valutare a 101 metri circa la conquista annua che quel gigantesco fiume fa sul mare. In seguito alle incessanti modificazioni che i fiumi subiscono nell'inferiore loro parte, accade sovente che due corsi di acqua, perfettamente separati una volta e distinti, confondano però i loro delta e le loro bocche principali. Tale è il caso del Chet-El-Arab. Così pure l' Adige ed il Po, già comunicanti coi laterali loro bracci, tendono a fondersi del tutto in un alveo comune, fusione che solo si è potuta impedire finora con giganteschi lavori. Il Gange ed il Bramaputra hanno un solo immenso delta in India, in cui si intrecciano e si confondono i mille loro canali. Il Mississipi offre il fenomeno di tre diversi fiumi, anticamente autonomi, oggi raccolti in un solo: l' Uachita scendeva, una volta, in mare per l' Atchafalaya, la quale è di presente un emissario del Mississipi; il fiume Rosso, che scorreva nella vallata della Teche, ha ora portato i suoi meandri a baciar quelli del Mississipi.

Ma il fenomeno inverso talvolta accade: se diversi fiumi si uniscono in un solo, vi hanno esempi di corsi d' acqua, uni un tempo, e divisi poscia in contrarie o diverse direzioni. Celebre è l' esempio dei due fiumi di Cilicia, chiamati dagli Antichi Saro e Pirano, ed oggi Seihoun e Djihoun. Questi corsi d' acqua, le cui alluvioni oltrepassano di ben 10 chilometri e più il profilo dell' antico lido, gettansi nel mare, ad or ad ora per due distinte

foci, o per una sola e comune. Dall' epoca di Senofonte in appresso, i due fiumi, che scorrevano allora in letti l'un dall'altro lontani, sonosi riuniti tre volte, e tre volte separati di nuovo. Nel corso di 23 secoli, dice il Sig. Langlois, sei complete rivoluzioni si sono avvicendate nel regime del Saro e del Piramo.

Ma fra tutte le parti che compongono il corso di un fiume, nessuna è più mutevole delle così dette *passe* delle foci, formate dai principali canali per cui passano i navigli quando il fiume è navigabile. Il Mississipi ha in oggi cinque passe; ed è quando l' una, quando l' altra, quella che diventa ad ora ad ora la vera imboccatura del fiume. Questa variabilità dipende dalla doppia tendenza che hanno le acque correnti di cercare la via più breve e la più inclinata per accedere al mare. Dopo avere notevolmente prolungato la sua foce maestra con le alluvioni che seco trasporta, il fiume dee cercare un altro più curto e più acclive letto, per versarvi la massa delle sue acque; e poi, lorchè questa nuova bocca è egualmente proiettata troppo innanzi nel mare, il fiume si rigetta a destra o a manca, per aprirsi un terzo adito, e così via di seguito.

La maggior parte de' fiumi sono ostrutti, al loro ingresso nel mare, da un dicco di sabbia o di terriccio, cui i naviganti dànno il nome di *barra*. Per lo più, essa è foggiata a mezza luna, in faccia alla foce, con la convessità verso l' alto mare, da cui può essere scorta pei frangentivisi marosi. Essa è formata dalla lotta delle acque irruenti del fiume, con quelle dell' onda marina, lotta che obbliga lo prime a depositare le alluvioni, e la seconda i detriti ed i resti organici che porta. Anche le barre sono perpetuamente mobili e variabili nella loro forma e nelle loro dimensioni, come gli elementi dal cui incontro risultano.

Laonde, instabilità continua, moto complesso e mutevole, eterno lavorio di rinnovazione, — ecco la grande, universale legge che impera su tutte le forme, su tutti gli esseri del Cosmo; leggo che ad ogni istante incontriamo sui nostri passi, a misura che procediamo in questo nostro studio dell' opera immensa e sublime della creazione.

A compiere queste generali nozioni di idrografia, in quanto semplicemente si riferiscono alla Fisica del globo, soggiungeremo alcune nozioni di nomenclatura, necessarie alla intelligenza delle cose che seguono.

Nel senso tecnicamente preciso, della parola, *Fiume* è un gran corso d'acqua, che ha la sua foce nel mare. Fiumi tuttavolta si appellano ancora i corsi perenni, che affluiscono nell'alveo di altri fiumi. — *Affluente* è nn corso d'acqua, che ha il suo *Confluente* in un altro corso d'acqua — *Torrente* è un corso d'acqua non perenne; *rivo* è un torrente più piccolo. — *Thalweg* (parola tedesca, significante via della valle e adottata nel linguaggio tecnico della scienza) è la parte più cava di un compluvio: — *Compluvio* è la confluenza di due versanti. — *Versante* è una superficie inclinata verso un Thalweg o verso un mare. — *Bacino* è la contrada irrigata da un fiume e da tutti i suoi affluenti. — *Spartiacqua* o *Spartipiovente* è la linea d'intersezione, che divide due versanti. Queste linee di riparto delle acque (*Divortia aquarum* dei Latini) sono generalmente indicate da montagne o da colline; non sempre però lo spartiacqua coincide con le alte creste montane: basta sovente la sola convessità di una pianura, per dare ai fiumi direzioni diverse; talora anzi il paese, quasi assolutamente piano, non è diviso che dalla sola intersezione geometrica de' suoi piani di pendenza. Il più grandioso esempio che ci porga di ciò la Geografia Fisica, è lo spartiacqua che divide le sorgenti del Mississipi, da quelle dei fiumi della parte più boreale dell' America.

II.

Volgendoci ora alla Idrografia descrittiva, noi seguiremo la stessa ripartizione, che abbiamo, nelle precedenti lezioni, adottata per la Orografia.

I sistemi idraulici dell' Europa sono ben piccola cosa, a paragone di quelli delle altre parti del globo; in compenso però, la

disposizione e distribuzione loro sono eminentemente favorevoli alle interne comunicazioni, ed hanno, senza dubbio, potentemente contribuito a favorire i mirabili progressi che fece nelle vie dell' incivilimento questa sezione del pianeta.

L' Europa ha una gran linea principale di divisione di acque, la quale verso occidente è determinata dalle Alpi e dai monti Germanici, spartendo le acque che affluiscono, da un lato, all'Atlantico, dall' altro, al Mediterraneo ed al Mar Nero; ma nella parte orientale la divisione delle acque è fatta solamente da un semplice rilievo della pianura, che comincia sul declive settentrionale dei Carpati, prosieguesi in una serie di basse colline tra le sorgenti del Dnieper ed i tributari della Vistola, e continua poscia, in una semplice ondulazione tortuosa della pianura, fino ai monti Urali, separando le acque che vanno a Nord nel Baltico e a Sud nel Mar Nero ed al Caspio.

L'arido clima della Spagna, il suolo poco selvoso e la scarsa quantità di nevi nei Pirenei impediscono, in quella penisola, la formazione di grandi fiumi, chè tale titolo non meritano invero nè il Duro, nè l'Ebro, nè il Guadalquivir, nè la Guadiana, nè il Tago. Lo stesso può dirsi dei fiumi di Francia che scorrono verso ponente, la Charente, la Garonna e la Loira. Le acque delle Alpi sono portate a settentrione dal Reno, a mezzodì e levante dal Rodano e dal Po, a levante dal Danubio. Il Reno formasi nel cantone dei Grigioni in Isvizzera, con la riunione di tre rami, il principale dei quali (il Reno anteriore) esce da un lago a levante del S. Gottardo, scorre a N. E verso il lago di Costanza, uscendo dal quale, assume un corso occidentale, e poscia settentrionale, andando a gettarsi per varie bocche nel Mare Germanico, dopo un corso totale di 1270 chilometri. Il Po nasce nel Monte Viso (4° 41' long. E. 44° 42' lat. N.) e shocca nell' Adriatico, dopo un corso di 650 chilometri, irrigando una delle più belle e ricche valli del globo. Il Danubio ha origine nel Baden a 6° 10' long. E. e 47° 58' lat. N., e porta le acque al Mar Nero, dopo un corso di 2750 chilometri, raccogliendo tutte le acque del bacino racchiuso fra

i Carpati, le Alpi Tirolesi ed Illiriche, e le giogaie che si stendono a nord dei Balcani.

Le boreali parti della Germania e la Polonia sono bagnate dall'Elba, dall'Oder, dal Niemen e dalla Vistola. I primi due ricevono la maggior parte delle loro acque dalle più settentrionali pendici e diramazioni del sistema Alpino, e traversano contrade di molto irregolare superficie. Il Niemen invece e più la Vistola, da cui comincia il grande sistema nordico della pianura Sarmatica, traversa, nella massima estensione del suo corso, una regione pianeggiante e paludosa. Lo stesso può affermarsi del Dnieper o Boristene, che, dopo un corso di 2000 chilometri, sbocca nel Mar Nero e che fornisce, mediante un bel sistema di canalizzazione, una comunicazione fra l'Eusino ed il Baltico. Del Mar Nero è pure tributario il Dniester, che esce dai monti Carpati, ed ha una lunghezza di 660 chilom. La Senna, che va nella Manica, il Tamigi, il cui estuario è nel mare del Nord, se per la civiltà e la potenza dei paesi che bagnano, sono i primi del mondo, fisicamente non hanno che una minima importanza.

Il principe dei fiumi europei è il Volga, le cui sorgenti sono nel governo di Twer nella Russia boreale, a 57° lat. N. ed a 30° long. E., e che si versa per circa settanta bocche nel Caspio, dopo un corso di 3340 chilom. Vari canali interposti agli affluenti della Neva (che si getta nel golfo di Finlandia) ed a quelli della Dwina e del Volga, fanno comunicare i mari Caspio, Baltico e Bianco. Il Don affluisce al mare di Azof.

Degli altri minori fiumi Europei mi limiterò ad indicare i nomi ed i mari in cui mettono foce. Vanno all'Oceano Artico la Kara (limite estremo fra l'Europa e l'Asia), la Petchora, il Mezen. All'Atlantico ed al mare del Nord: la Somma, la Vilaine, l'Adour, il Nervion, il Nalon, il Minho, il Mondego, il Sado. — Al Baltico: il Pregel, la Trava. — Al mare Germanico: l'Ems, l'Ansa, il Vecht, la Mosa, la Schelda. — Al Mediterraneo: la Segura, l'Arno, il Tevere, la Narenta, la Boiana, la Salembria, il Vardar, la Maritza. — All'Adriatico: l'Adige, l'Isonzo, il Taglia-

mento. — Al Mar Nero: il Bug, il Kuban.—Al Caspio: l'Ural e il Kur.

III.

Il clima tropicale di gran parte dell'Africa e gli estremi della siccità e della umidità ai quali soggiaco, conferiscono ai suoi sistemi idrografici caratteri affatto disformi da quelli dei sistemi europei. Pochissimi, del resto, sono i fiumi della parte meridionale di quel continente, e precipui sono il Gariep e l'Orange. La parte orientale del rialto africano ha un ripido pendio, da cui precipitano le fiumane tributarie dell'Oceano Indiano, fra le quali la più grande è il Zambese o Quillimane; secondi a questo sono l'Osay e la Yuba. Tutti questi fiumi, navigabili per lungo tratto nella stagione delle pioggie, hanno poca ricchezza di acque nel resto dell'anno. Sonvene parecchi (quali l'Haines o Webbi e l'Hawasb) che non giungono sempre fino al mare, disperdendosi le loro acque nelle sabbie, nei laghi e nei paduli.

Il grande spartiacqua africano tra l'Atlantico ed il Mediterraneo è quella porzione dell'altipiano che sorge tra il parallelo 18° e l'equatore. Le acque che vanno all'Atlantico nascono, a sud del lago N'Yassi, da un dorso di monti non molto elevato e diretto da S. O. a N. E., e dopo un precipitoso corso a *rapide* ed a catteratte, vanno a fecondare le pianure marittime del Benguela, del Congo, di Angola e di Loanda. Il principale fra cotesti fiumi è lo Zaira o Congo, avente un corso di 2300 chilometri, e la cui foce fu scoperta nel 1484 dal portoghese Diego Cam. Il Niger o Joliba o Quorra ha le sue sorgenti nelle montagne di Kong, nel paese di Bambarra; scorre fino al lago Debo, uscendo dal quale fa un largo circuito nelle pianure del Sudan e della Nigrizia, fino a Timboctù, traversando otto o nove gradi di latitudine; ripiegandosi poscia, si accosta di nuovo ai monti Kong; e dopo avere ricevuto un gran numero di affluenti (fra i quali le acque del Tchadda) si versa nel golfo di Guinea, dopo un corso di circa

3300 chilom. Klapperton, Mungo-Park ed altri viaggiatori, martiri della scienza, sacrificarono la vita nelle fatiche e nelle sofferenze di ogni genere, che costò loro la determinazione geografica di questo gran fiume.

Ma il re dei fiumi africani e quello che irriga una delle contrade più anticamente incivilite e storicamente più celebri, è il Nilo. Le sorgenti di questo fiume furono insolubile problema geografico, fino a questi ultimi tempi. Nel 1846, dopo lunghe, perseveranti ricerche, i signori Caillaud e D'Abbadie dimostrarono primi che alcune fra quelle sorgenti sono nei monti Al-Kamar (continuazione occidentale dell' alta piattaforma dell' Abissinia) verso 34° 38′ long. E. e 7° 49′ lat. N. Ma la gloria di avere finalmente svelato il grande mistero geografico delle scaturigini e del superiore corso del Nilo, spetta incontrastabilmente al capitano Burton ed al luogotenente Speke, i quali dal 1856 al 1862, dopo una serie di straordinarie fatiche, di una parte delle quali può leggersi il drammatico racconto nel XXIX volume del *Journal of the Royal Geographical Society*, riuscirono a determinare esattamente la origine e la direzione dei principali bracci, dalla riunione dei quali il Nilo risulta. Il giorno 13 febbraio 1858 (data memoranda negli annali delle scoperte africane) essi giungevano sulle rive di un gran lago, dai Negri appellato *Tanganyika*, dagli Arabi *Udjidji*. In quell'immenso lago, la cui lunghezza è di 300 miglia inglesi da mezzodì a settentrione, fra il 3° e l'8° paralleli sud, e con una variabile larghezza, il cui massimo non sembra eccedere 40 miglia, si raccolgono le acque delle ostro-orientali terrazze africane. A 2° 24′ di latitudine australe, e a 33° Est di Greenwich, Speke scoperse un altro gran lago, cui diede il nome di *Victoria-Nyassa*, desumendolo da quello della munificentissima sua regina, e dal vocabolo, col quale gli indigeni designano genericamente i bacini lacuali. Egli è in quei vasti laghi interni, che si raccolgono le acque destinate a formare poi il gran fiume. Due precipui rami lo costituiscono: il *Bar-el-Abiad*, a Fiume Bianco, le cui sorgenti sono nel monte Kenia; ed il *Bar-el-Azrek*, o Fiume Azzurro, nei monti

Al-Kamar. Ingrossata da una folla di minori tributari, la nobile fiumana non assume, se non quando è giunta nel Kordofan, il nome di *Nilo*; traversa l'Abissinia e la Nubia, irrigando i paesi di Halfay, di Chendy, di Damer, di Barban, di Chaykye, di Dongola, di Mahas, di Sokhot, di Hadiar, di Barabras; e giunge in Egitto, dove, quasi direttamente a settentrione, va fino alle cateratte di Siene, spartendosi poscia in due grandi rami, o lasciando in mezzo il fertile Delta, d'onde si scarica nel Mediterraneo per molte bocche, sette delle quali storicamente famose: la Canopica, la Bolbitina, la Sebenitica, la Fatmitica, la Mendesia, la Tanitica e la Pelusiaca, e fra le quali la prima e la quarta sono le principali. Ho già sopra parlato dello periodiche escrescenze del Nilo. Il suo corso totale non è inferiore a 5000 chilometri.

Lungi dal menomare l'importanza di quel leggendario corso d'acqua, le recenti scoperte (nelle quali, oltre ai succennati viaggiatori, si illustrarono ancora Barth, Vogel, Grant, Baker, Heuglin, Beke, Miani, Harmann, Decken, Poncet, Peney, Jomard, Muller, le signore Tinné, ed altri) ne hanno ampliato il dominio; esse hanno fatto retrocedere di vari gradi, verso mezzodì, la zona di terreno irrigata da' suoi affluenti. Lungo quasi come il Mississipi, il Nilo scorre sopra una linea pressochè retta di 36 gradi di latitudine; è la quinta parte della distanza da un polo all'altro della Terra. Esso trasporta al Mediterraneo la pioggia delle nubi, alle quali diede origine l'Oceano-Indiano; sotto l'equatore, si ingrossa per la fusione delle perpetue nevi, traversa i più differenti climi, taglia le pianure di sabbia, senza infiltrarvisi. Razze poste agli estremi gradi della scala umana si succedono sulle sue rive, quasi senza conoscersi; rimontando il fiume dalla foce alla sorgente, si ammirano, da Alessandria al Cairo, i lavori dell'industria moderna; tra il Cairo e Meroe, le più antiche vestigia di una civiltà primitiva; più in alto, i reami negri, condannati all'infima barbarie. Non evvi al mondo un altro fiume, che ci trasporti in mezzo a tanti contrasti, o che tenga un così grande posto nella storia dei popoli, non meno che nella geografia del globo.

IV.

La forma stessa del continente Asiatico, quale noi l'abbiamo a suo luogo descritta, vi determina quattro grandi e quasi simmetrici sistemi idraulici: l'Occidentale, il Meridionale, l'Orientale, il Boreale.

Il solo importante bacino dell'Asia occidentale, è quello dol Tigri e dell'Eufrate. Quest'ultimo fiume ha le sue sorgenti nelle montagne dell'Armenia meridionale, presso Diadin, sotto il nome di Murad; riceve quindi il tributo di un altro ramo, che viene da N. E. d'Erzerum; irriga il pascialico di questo nome, separa quello di Djarbekir, da quelli di Sira e di Marack; bagna le città di Semisat, Bir, Beles, Rahka, Kerkisieh, Anna, Hit, Hilla, Davanieh, Samava; riceve le acque del Kara-Su, dell'Erzen, del Murad-Tchaï, del Khabur. A Corna si incontra col Tigri, fiume che sgorga dal versante meridionale del Tauro, presso Diarbek; traversa una parte dell'omonimo pascialico, poscia quello di Bagdad; passa a Mossul, Bagdad e Corna, ricevendo il Kabol, la Diala, il Grande ed il Piccolo Zab, il Tuz, e si unisce all'Eufrate. I due fiumi, congiunti, prendono il nome di Chat-el-Arab; dopo aver ricevuto ancora il Kerkah, sboccano, per cinque foci, nel golfo Persico. Il totale corso dell'Eufrate è di 2760 chilom.; di 1800 quello del Tigri. Il vasto paese, compreso fra questi due fiumi, portava, appo gli Antichi, il nome di Mesopotamia (che significa appunto *tra i fiumi*) ed oggi chiamasi Aldjezireh (o *le isole*). Sono quelle desolate e squallide pianure, che videro un tempo sorgere alcune delle più famose città antiche, Ninive, Babilonia, Ecbatana, le cui rovine fornirono a Volney, Rowlinson, Layard, Botta occasione di stupende induzioni storico-etnografiche. Il viaggiatore istruito e pensatore, che percorre quelle regioni, dura fatica ad ammettere l'antica sentenza della scuola, secondo la quale i fiorenti imperi, che le dominarono, sarebbero caduti (dicesi) per-

chè divenuti troppo ricchi, troppo industriosi, troppo civili, quasichè la civiltà potesse mai essere soverchia! Ma l'enigma di quella decadenza gli si disvela, tostochè, rinunziando a questi vieti pronunciati di una filosofia storica troppo fallace e superficiale, egli prenda a considerare che quel suolo è di lunga mano osausto del suo fosfato di calce, e divenuto, per conseguenza, inetto alle seminagioni ed alle messi. La chimica e la filosofia naturale spiegano sovente l'istoria, mostrandoci che l'inerzia e l'ozio sono le vere cagioni della rovina e dell'annientamento delle nazioni.

Sei fiumi di primaria grandezza, che portano all'Oceano un volume d'acqua più grande di quello di tutti gli altri fiumi dell'antico continente presi insieme, scendono dalla meridionale china dell'altipiano centrale dell'Asia, tre dei quali appartengono all'India, e tre all'Indo-Cina.

I primi sono l'Indo, il Gange e il Bramaputra. Il Ladak, il più importante dei rami originari dell'Indo, nasce nelle nevose montagne del Karakorun, ed unisce lo sue acque a quelle del Shyook, che scende dalla catena Kentese o Gangri, filare di monti paralleli all'Imalaja, lungo l'altipiano del Tibet. L'Indo, formato da questi due rami, riceve il Sutlej, gran fiumo originario del lago di Rakas-Tal; poi, sceso nella pianura, ad occidente delle ridenti valli della Casmiria, accoglio tre distinti tributari, il Telnn o Idaspe, il Chenab o Arescine, ed il Ravee o Idraoto, superiori tutti per grandezza al Rodano. La contrada irrigata da tutti questi fiumi, è il Pnngiab (o pianura dei cinque fiumi) uno dei più deliziosi paesi dell'universo. Presso la città di Attock, l'Indo riceve ancora il Cabul, fiume che nasce vicino a Guzni, ed è ingrossato da un altro affluente, che viene dall'Indo-Kooh; e finalmente, per molte bocche, si versa nel golfo di Oman, dopo un corso totale di 3630 chilometri.

Più vasto e più maestoso ancora di quello dell'Indo, è il sistema fluviale del Gange che, sotto il nomo di Bagirathi, ha la sua cuna nei monti Imalaici, un pò al di sopra di Gangutri, a 76° 40′ long. E. e 21° 40′ lat. N. La sua sorgente trovasi a più di 4000 metri

di altezza sul livello del mare; ed il fiume repente prorompe in rapida corrente larga 50 braccia, fuori di una immensa caverna, su di un muro verticale di ghiaccio. Esso prende il nome di Gange nel Ghernal, dopo aver ricevuto l'Alakananda, nel luogo chiamato dagli indiani Devapraiaga, ossia *Divino confluente*; traversa le provincie di Delhi, Agra, Anda, Allahabad, Bahar, Bengala; e, dopo aver seguito la direzione del S. O., poi del S., quindi dell'E., prendo definitivamente quella del S. E., formando coi suoi depositi (dei qnali abbiamo nella Lezione VIII acconnato la enorme quantità) un vasto delta, irrigato da numerosissimi canali, precipuo dei quali è l'Hngly, cho passa a Calcutta e Chandernagor, ed avendo le foci comuni con quelle del Bramaputra. Il corso totale del Gango è di 3110 chilometri. I principali suoi affluenti sono: a destra, il Calinaddi e la Djemnah; a sinistra, il Ramganga, il Gogra, il Gandak, il Bagmatti, il Kuci, la Mahanada, la Tistah. Il Gange è sacro fiumo per gli Indiani, che credono purificarsi moralmente o fisicamente, bagnandosi nelle sue acque. Moriro in queste, od esservi almeno immerso cadavero, è considerato siccome il colmo della felicità, e come aurora della celeste vita.

Il Bramaputra, terzo de' grandi fiumi dell'India, può considerarsi siccome continuazione del Dzangho Tchon, o fiume di Lassa le cui sorgenti non sono molto lontane da qnelle del Sutlej e dell'Indo, tuttochè poi tanto divergano i corsi di questi tre fiumi. Dopo avere irrigato la grande vallata longitudinale del Tibeto orientale, il Bramaputra si volge a sud, aprendosi un adito fra i contrafforti dell'Imalaia; riceve parecchi affluenti dallo montagno settentrionali dell'Impero Birmano; entrato nelle basse pianure del Bongala, unisco i principali suoi rami a quelli del Gange, col quale ha poi comuni le foci. La prodigiosa quantità di limo che quei due fiumi portano al mare, intorbida le acque a più di 60 miglia dal lido.

Non meno ricco di quello dell'India Tisgangetica, è il sistema fluviale della Trasgangetica. Questa lunga penisola è percorsa da una serie di grandi fiumi, quasi paralleli, i quali, scendendo dal-

l'angolo S. E. dell'altipiano del Tibeto, vanno a portare il tributo delle loro acque ai mari, che lambiscono ai due lati la penisola di Malacca. Poco conosciuto è finora, nella superiore sua parte, il corso dei tre principali fra questi fiumi: l'Irawaddy, che bagna il Birman; il Menam, nel Siam; il Cambodje, nell'Annam.

L'Irawaddy nasce nel Tibeto, tra il 26° od il 30° di lat. boreale, traversa, da ponente a levante, quella contrada, varca l'Imalaia nelle strette di Singhian-Kial, percorre in tutta la sua lunghezza l'impero Birmano da N. a S., irriga, passando, la provincia cinese di Yun-Nan, e va al mar delle Indie, nel golfo di Martaban, dopo un corso di almeno 4070 chilometri.

Men noto del corso dell'Irawaddy, è quello del Menam, che ha le sorgenti nella già mentovata terra cinese di Yan-Nan, percorre il regno Siamese, ed entra nel golfo di Siam per tre grandi bracci, il più orientale dei quali forma il porto commerciale di Bangkok.

Riunito al precedente, mercè del piccolo fiume di Anam-Myit, il Cambodje è il più lungo fra i fiumi della penisola Trasgangetica. Esso nasce probabilmente nelle regioni di K'ham, non lungi dalle sorgenti del gran fiume cinese Yan-tze-kiang, traversa per lo lungo l'impero Annamita, e si getta nell'Oceano, formando un vastissimo Delta. — Tutti cotesti fiumi Indo-Cinesi vanno, come il Nilo ed il Gange, soggetti a regolari escrescenze.

La terza grande declività asiatica, è l'Orientale. — Essa ha quattro ampi sistemi fluviali, tributari del Pacifico: l'Hong-Kiang (detto anche Tze-Kian, o fiume di Canton), l'Hoang-Ho (ossia fiume giallo) e l'Amur, tutti e tre di gigantesca grandezza, i primi due formanti per così dire un sistema gemello, avente foce quasi comune. Il Fiume Giallo trae le superiori sue acque dal confine sud-orientale del grande altipiano del Tibeto, non che dalle montagne Yung-ling, Pe-ling e Tapa-ling, le quali traversano, da ponente a levante, la Cina, e dirige il suo corso al mare presso Nankin, dopo aver viaggiato 5330 chilometri sopra un bacino di 548,000 miglia geografiche quadrate di area. I contrafforti e le diramazioni delle mentovate montagne lo separano dall'HoangHo, fin

presso al mare, dove essi comunicano per le basse terre con innumerevoli canali, avendo però separate le imboccature loro propriamente dette, da un intervallo di circa 90 miglia, e da un Delta, che è il prodotto di entrambi. L'Hoang-Ho ha un bacino di 537,000 miglia quadrate, ed un corso di 4220 chilometri.

L'Amur o Sagalieno ha le sorgenti nei monti della Daoria, di Tschokindo e di Kiang-Khan, non che nelle meridionali pendici dell'Yablonoi-Krebet. Fino a dieci o dodici anni or sono, questo fiume non aveva una grande importanza politica; ma da quell'epoca in poi, ne acquistò una immensa, pei progressi della dominazione russa e pei giganteschi lavori che il governo moscovita vi è andato facendo lungo tutto il suo corso, fino alla foce. Il bacino dell'Amur è di 583,000 miglia quadrate geografiche, ed il suo corso è di 4380 chilometri. Si scarica nelle acque dei mari di Ockotsk e Giapponese.

L'ultimo grande piovente d'Asia è il boreale. — Scorronvi tre vaste fiumane: il Lena, l'Yenissei ed il doppio sistema dell'Obi-Irtish, che raccolgono le acque di quasi tutta la lunga catena Altaica. Le sorgenti del Lena sono nei monti a settentrione del lago Baikal; scorre quel fiume a N. E., fino alla città siberiana d'Yakutsk, ricevendo nel suo seno il Vitim e l'Olokma; quindi, al 63° di lat. circa, accoglie il maggior tributo dell'Aldan; e tramezzo a sponde di fango gelato, nel quale trovansi i fossili avanzi del gigantesco mastodonte, si getta nell'Oceano Artico, dopo un corso di 4440 chilometri.

Superiore in grandezza al Lena, l'Yenissei nasce nel paese degli Uriangkai a 51° lat. N. e 96° 30′ long. E., formandosi mercè della riunione dell'Ulu-Kem e del Bei-Kem; passa a Krasnoiarsk e a Turukhansk; traversa i governi d'Irkutsk, Jakutsk, Jenisseisk; riceve, a sinistra, le acque del Sym o del Jurukhan a destra, quelle delle tre Tunguseka (la più meridionale delle quali è detta ancora Selenga od Angara) e cade nell'Oceano Artico, dopo un corso di oltre a 5180 chilometri.

L'Obi nasce nel lago di Toleskoi, nella Grande Tartaria, è ingrossato da tutti i fiumi del piccolo Altai, mentre il suo massimo affluente, l'Irtish, riceve vari di quelli che scendono dal grande Altai. Il Tobol è il principale di questi tributari. Il bacino del duplice sistema dell'Obi-Irtish occupa non meno di una terza parte della Siberia, ed ha un corso di 4300 chilometri.

V.

Percorsi fin qui i sistemi fluviali di tutto l'Antico Continente, è tempo ora di volgerci a quelli, più vasti ancora, del Nuovo.

La forma orografica delle Americhe, ch'io ho prima d'ora descritta, determina una legge idrografica, per cui quanto sono immensi i fiumi che nell'America meridionale scorrono a levante verso l'Atlantico, altrettanto, a motivo della grande prossimità delle Ande al Pacifico, sono piccoli quelli che, verso ponente, affluiscono a quest'ultimo Oceano. Anche sul lato orientale, sono di poca importanza i fiumi del continente, fino al 35° di lat. S., arida e sterile contrada, che riproduce, al di là dell'Atlantico, alcuni dei caratteri, che, al di qua, contraddistinguono gran parte del continente africano.

Ma, oltrepassato l'accennato confine, stendesi la regione del globo più ricca d'immensi fiumi, precipui fra i quali sono: 1° La Plata, la cui foce è circa a 35° lat. S. — 2° Il San Francisco, che la ha a 10° 40′ lat. S. — 3° Il Paranahiba, a 2° 45′ lat. S. — 4° Il Para-Tocantin, a 0° 4′ lat. S. — 5° Il Marañon o Amazzoni, che cade nel mare sotto l'Equatore; 6° l'Orenoco, a 8° 40′ latit. N.

Tre distinti bacini versano le loro acque nel Rio della Plata. Dalle orientali pendici delle Ande, tra 19° e 25° lat. S., riceve esso il Pilcomayo, il Vermejo ed il Salado, fiumi non ancora molto esplorati, che traversano salati deserti, e la selvaggia ed inospita regione del Gran-Chaco. — Da settentrione, accoglie il tributo del

Paraguai, co' suoi numerosi affluenti, nei quali scolano le acque delle pianure centrali, giacenti fra 13° e 25° lat. S. e quelle delle occidentali pendici dei monti Brasiliani. — Il ramo più orientale, che porta il nome di Parana fino a che non s'incontra col Rio Grande, scorre precipitoso in mezzo a rocciose Sierras, parallelo all'Urugnai, dal quale è raggiunto nell'estuario comune della Plata, vero mare di acqua dolce, lungo 18 miglia geografiche e largo 120. — È questo uno dei più stupendi sistemi idraulici conosciuti. Fu scoperto da Diaz de Solis, di cui portò il nome, finchè Sebastiano Cabota, avendo trovato sulle sue rive molto argento (*Plata*, in ispagnuolo) gli diede la denominazione che conserva ancora oggidì.

Il bacino del S. Francisco giace in mezzo alle sierras litorane, da Rio-Janeiro al Capo S. Rocco, ed alle montagne a queste parallele, che formano la più interna appendice del sistema brasiliano. Nasce nella Sierra de Canastra, nella comarca di Rio-das-Velhas; traversa dal N. al S. la provincia di Minas-Geraes; separa poi le provincie di Bahia e di Pernambuco, da quelle di Sergipe e di Alagoas; e sbocca infine nell'Atlantico, dopo aver ricevuto il Rio-das-Velhas, il Rio-Verde, il Rio Grande ed il Paracatu.

Il Paranahyba, che scorre nella provincia di Maranham, offre poche peculiarità degne di nota, se ne eccettuiamo le mirabili facilità che, come tutti gli altri fiumi dell'America meridionale, presenta alle interne comunicazioni, e delle quali una razza più operosa e più previdente di quella che colonizzò il centro e la parte meridionale del Nuovo Mondo, avrebbe, senza dubbio, saputo trarre il più grande partito.

Il Rio de Para è l'estuario comuno di due grandi fiumi, l'Araguai ed il Tocantin. Formasi quest'ultimo nella terra brasiliana di Goyas, mercè della riunione del Paranao e del Paranatinga, riceve poscia il Rio-das-Bocas ed entra nell'Oceano in grande prossimità del Rio delle Amazzoni, dopo essere stato raggiunto dall'Araguai, fiume che esce dalla Sierra Seiada, e che si arricchisce, a destra, del Claro Diamantino, del Vermelho de Goyas, e del Crixos, ed, a sinistra, del Rio Das Mortes, del Farto e dell'Aquiqui.

Il Rio delle Amazzoni, il più gran fiume del globo, poichè l'area del suo bacino eccede 1,500,000 miglia geografiche quadrate, raccoglie le acque delle orientali pendici delle Ande, dal 2° grado di latit. N., fino al 19° grado di latit. S. Esce dal lago Lauricocha nelle Ande, sotto il nome di Tunguragua, verso 11° lat. S, e 73° long. O., risale a settentrione fin verso 5° lat. S., poi corre all'E. da 84° a 93° long. O., traversa la Colombia, separa la Guiana Portoghese dal Brasile, e, dopo avere ricevuto un gran numero di tributari, e compito un corso di 7700 chilometri, si getta nell'Atlantico, sotto l'equatore. — Esso ha da 3 a 5 chilometri di larghezza nella sua parte superiore, si amplia successivamente a valle, fino ad avere 288 chilometri di apertura alla foce. La sua profondità media è di 325 metri, ma sonvi luoghi, ove lo scandaglio scende migliaia di metri. La marea oceanica lo rimonta fino a 650 chilometri, ed il tempo che impiega a risalirne questo tratto, è si lungo, che mentre a quel limite si fa sentire il flusso, quattro altre onde di successive maree si scaglionano, fino alla foce. Arrivato all'Oceano, il gran fiume ne rispinge le acque, e scorre ancora 135 chilometri nel mare, senza mescolarsi quasi all' acqua salsa. Nulla di più stupendo della lotta che avviene tra l'onda irruente del fiume e quella dell'Atlantico, nelle epoche di alta marea, quando i due poderosi flutti si incontrano e si accavallano. I più importanti affluenti dell'Amazzone sono: a destra, l'Ucayale, il Cassiquiare, il Javari ingrossato dall'Jutai e dall'Jurua, il Purus, il Madeira (che ha più di 2000 chilometri di corso), il Tapayos, il Jingu; a sinistra, il Pinches, il Napo, il Putu-mayo, l'Yupura, il Negro, che lo fa comunicare coll'Orenoco. — Questo re dei fiumi, col quale non rivaleggia che in parte il solo Mississipi, fu scoperto da Vincenzo Yanez Pinçon, il compagno di Colombo, nel 1500; Orellana lo percorse primo nel 1539. Il suo indigeno nome, per una parte almeno del suo corso, è Marañon; l'appellazione di Rio delle Amazzoni gli venne data dai primi navigatori spagnuoli che lo visitarono, dacchè videro o credettero di scorgere sulle sue rive

legioni di donne armate e belligere, come le belle guerriere della greca mitologia.

Ultimo nel settentrione dell'America del Sud, è il bacino dell'Orenoco, che comprende i clivi occidentali del sistema montano di Parima, e gli orientali delle Cordigliere della Nuova-Granata. Questo gran fiume, veduto per la prima volta da Colombo (il quale dalla enorme mole delle sue acque trasse sagacemente la prima induzione di aver approdato ad un vasto continente) mantiene un corso occidentale sino a S. Fernando de Atabapo, dove riceve il fiume di quest'ultimo nome ed il Guaviare, che è più grande del Danubio. Sforzata la sua strada attraverso alla Sierra di Parima, scorre a nord per tre gradi di latitudine, tra inaccessibili sponde e con altissime cateratte, il cui fragore come di tuono odesi a miglia e miglia di distanza. Accoglie poscia il tributo di due nobili fiumi, la Meta e l'Apure, e si dirige quindi ad oriente fino alla sua foce, dove forma un vasto delta, versandosi per molti canali nell'Oceano Atlantico. Un ramo dell'Orenoco, il Cassiquiare, abbandona il paterno fiume presso il Picco di Duida e va a confluire col Rio Negro, il quale (come vedemmo poc'anzi) è uno dei principali tributari del Rio delle Amazzoni, creando per tal modo uno dei più stupendi sistemi di naturale canalizzazione, che possa incontrarsi sul globo.

Molti, ma di breve corso, come vogliono, del resto, le condizioni orografiche di quella contrada, ove la natura sembra essere stata incerta se far volesse uno stretto od un istmo, sono i fiumi dell'America Centrale; dieci dei quali però sono per qualche miglio navigabili, sei sboccando nel Golfo del Messico e nel Mar dei Caraibi, e quattro nell'Oceano Pacifico. L'idea, già antica, ma finora sventuratamente nello stato di progetto, di usufruttare alcuno di quei corsi d'acqua, per aprire un bosforo attraverso a quell'angusta striscia di terra, era dunque spontaneamente dettata dalle topografiche condizioni dei luoghi.

Nell'America Settentrionale, del pari, e per le cagioni stesse che vedemmo nella meridionale, si è dall'Orientale lato, che si

sviluppano i più grandi sistemi idraulici. Verso il Pacifico però, più discosto essendo da quel mare le estreme falde de' monti e più larghe perciò, che nel Sud, le litoranee valli, i fiumi non sono, per conseguenza, così piccoli come nella parte occidentale dell'altra fra le penisole americane; e noi vi troviamo, infatti, il Colorado e la Columbia, che possono meritare il titolo di grandi fiumi. Essi però, anzichè dalla loro magnitudine, derivano la propria importanza piuttosto dallo irrigare che fanno, in una col Rio Sacramento, i terreni auriferi della California e di altre ricche adiacenti contrade. La più alta cascata che esista sul globo, trovasi appunto nella valle Yohamita, in California, dove un fiume di media grandezza fa un solo salto di circa 700 metri, o dove la totale altezza della cateratta eccede i 1000 metri, se pur queste cifre, date da Gibson, non sono, come temiamo, alquanto esagerate.

Sul versante orientale dei monti litorani, trovansi sei grandi sistemi fluviali, due dei quali, che cadono nel Golfo del Messico, il Rio Grande del Norte ed il Mississipì, di primaria grandezza; il S. Lorenzo, tributario dell'Atlantico; il Saskatchewan ed il Churchill, che vanno alla baia di Hudson; ed il Mackonzie, che si versa nell'Oceano Artico.

Il Rio Grande del Norte riceve quasi intera la pienezza delle sue acque dai versanti orientali dell'altipiano del Messico.

Ma il gigante dei fiumi Nord-Americani è il Mississipì, che irriga un bacino di circa un milione di quadrate miglia geografiche. Nasce nel lago Leech a 97° 27' long. O. e a 49° lat. N., lo spartipioventе essendo (come già altra volta notai) determinato da una poco elevata ondulazione del terreno. Scorre da N. a S., traversando un numero maggiore di gradi di latitudine, che quelli percorsi da qualsivoglia altro fiume del globo. Innumerevoli sono i suoi affluenti: fra quelli che scendono, sulla sua destra, dalle Montagne Rocciose, i più cospicui sono il Missuri, l'Arkansas ed il Fiume Rosso; prima di confluire col Mississipì, il Missuri supera per lunghezza e per volume il suo rivale, e riceve molti

affluenti più grandi del Reno. Giunto al vertice del lungo suo Delta, il Mississipi manda direttamente un gran ramo, nomato Atchafalaya, verso il sud; volgendosi quindi ad Oriente, si scarica per cinque foci nel Golfo del Messico. L'Obio è il più grande affluente orientale del Mississipi: è formato dalla riunione dei fiumi Alleghany e Monongahela, e riceve, a sua volta, molti tributari, fra i quali sei navigabili. La media larghezza del Mississipi, a valle della confluenza del Missuri, è da 1600 a 3200 metri. La totale lunghezza è di 6600 chilometri. — Fu lo Spagnuolo Fernando de Soto, che ne scopriva le foci nel 1541. I francesi Jolliet e Marquette lo navigarono pressochè intero nel 1673. La Salle lo percorse primo in tutta la sua lunghezza, sotto il regno di Luigi XIV.

Il San Lorenzo irriga una vasta pianura, gran parte della quale (come già notai e come meglio vedremo tra breve) è occupata da una serie meravigliosa di laghi, che raccolgono più della metà dell'acqua dolce esistente nei bacini del globo intero. L'acqua del San Lorenzo, purificandosi appunto nel suo passaggio in quei vasti serbatoi, non ha limo, con cui possa formare un Delta alla foce, la quale è larga ben 80 miglia geografiche. La comunicazione lungo la catena dei laghi è interrotta tra l'Erié e l'Ontario dalla stupenda cascata del Niagara, la più larga e la più magnifica, sebbene non la più alta del mondo. Non ha guari ancora, l'acqua slanciavasi da un'altezza di 54 metri, sopra una larghezza di 1075 metri, essendo però divisa in due parti dalla Goat-Island. Ma l'azione dell'acqua corrode così possentemente la roccia, che il salto va di mano in mano scemando; e recentemente la caduta di un enorme pezzo ha di gran lunga diminuito la bellezza dello spettacolo. Dagli studi di Lyell e di altri eminenti geologi risulta che questa corrosione, la quale fa man mano indietreggiare il punto della cateratta, procede nella ragione media di 1 piedo inglese all'anno, cosicchè nel lasso di 30,000 anni, quel punto dovrà avere raggiunto il margine del lago Erié, determinando così un vero diluvio locale, in quella parte del nuovo mondo.

Digitized by Google

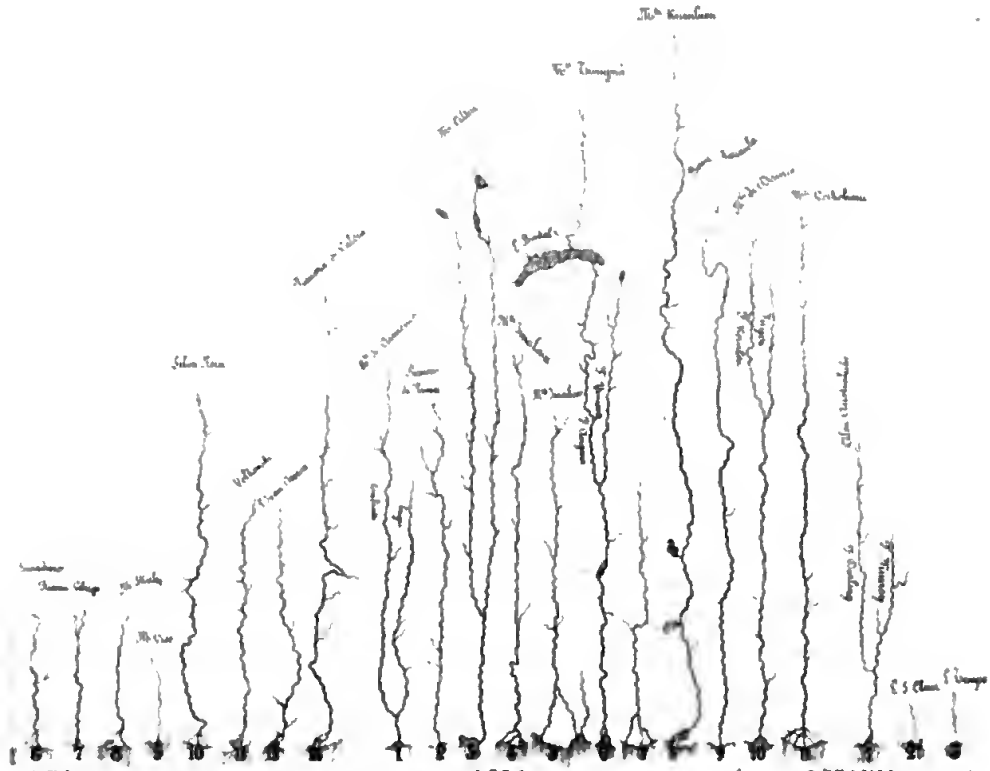
Digitized by Google

Tav. XIV.

Lunghezza dei Princip

AMERICA SETTENT.e			AMERICA MERID.e			AFRICA			EUR		
Nome del Fiume	Mare di cui è tributo	Chilom.	Nome del Fiume	Mare di cui è tributo	Chilom.	Nome del Fiume	Mare di cui è tributo	Chilom.	Nome del Fiume	Mare di cui è tributo	Chilom.
1 Mackenzie	Oceano Atlant.co	3936	1 Magdalena	Mare di Caraibi	1200	1 Senegal	Oceano Atlant.co	1550	1 Shannon	Oceano Atlantico	500
2 Oregon Atlant.co	id. Pacifico	2500	2 Amazonas	Oceano Atlantico	7000	2 Niger	Golfo di Guinea	3300	2 Tweed	Mare Germanico	130
3 Mississippi	Golfo del Messico	3600	3 Orinoco	id.	2500	3 Garep	Oceano Atlantico	1900	3 Tamigi	id.	400
4 Il Mediano	id.	6600	4 La Plata	id.	3650	4 Nilo dalle sorgenti sul lago Vigonza	Mediterraneo	5000	4 Tago	Oceano Atlant.co	760
5 Il Lorenzo	Golfo omonimo	3500	5 Il Francesco	id.	2300				5 Loira	Mare di Biscaglia	960
									6 Reno	Mare Germanico	1270
									7 Elba	id.	1100

Omnera Lit. Armanino



...ROPA			ASIA						OCEANIA		
Nome del Fiume	Mare di cui è tributo	Chilom.	Nome del Fiume	Mare di cui è tributo	Chilom.	Nome del Fiume	Mare di cui è tributo	Chilom.	Nome del Fiume	Mare di cui è tributo	Chilom.
8 Vistola	Mare Baltico	960	1 Aiguille della [illegible]	Golfo Persico	2760	3 Gange	Golfo del Bengala	3110	1 Murray	Oceano Pacifico	1500
9 Po	Mare Adriatico	650	[illegible]			6 [illegible]	Oceano Artico	5180	2 Darwent	id	200
10 Danubio	Mare Nero	2750	[illegible]	id	1800	7 [illegible]	Golfo del Bengala	4010	3 Waikato	id	500
11 Dniepr	id	2000	[illegible]			8 [illegible]	Mare Giallo	5330			
12 Don	Mare di Azof	1780	2 [illegible]	Mare di Aral	2600	9 [illegible]	id	4220			
13 Volga	Mare Caspio	3340	3 Oh	Oceano Artico	4300	10 Amur	Mare del Giappone	4380			
			4 Indo	Oceano Indiano	3630	11 Lena	Oceano Artico	4440			

G. Boccardo Fisica del Globo

Digitized by Google

A paragone di quelli dell'America, i fiumi dell'Australia non hanno davvero grande importanza. Essi sono, specialmente sul lato orientale del continente, piuttosto torrenti che fiumi, quali l'Hawkesbury, il Murrumbridge, il Lachlan, il Macquarrie. Alquanto più grandi sono il Murray e lo Swan-River. E sebbene le ultime perlustrazioni australiche abbiano dimostrato erronea l'antica idea, che la Nuova-Olanda sia affatto priva di fiumi, certo è però che essa difetta di grandi corsi d'acqua, ed è questo appunto uno dei maggiori ostacoli dalla Natura opposti al rapido progredire della civiltà, in quel massiccio continente.

Nella qui unita Tabella ho indicato i principali sistemi fluviali delle varie parti del Globo, affinchè il lettore possa ad occhio veggente istituire le comparazioni che l'argomento gli suggerisce.

VIII.

A compiere questa sintesi dei generali lineamenti della Idrografia, giova ora soggiungere alcuni cenni sui principali laghi delle varie parti del globo.

Ogniqualvolta una depressione terrestre riceve, sia per tributo di fiumi, sia per diretta precipitazione dalle nubi, una quantità di acqua maggiore di quella che ne esca per via di emissari, o per evaporazione, si forma, in quella concavità, un deposito, che, secondo le dimensioni e la profondità, è uno *stagno*, una *palude*, un *lago* od un *mare interno*.

I grandi fenomeni della vita del globo, che noi abbiamo descritti, e segnatamente i graduali sollevamenti ed abbassamenti del suolo, la lenta emersione dei gioghi montani, l'avanzarsi od il ritirarsi litorano dei mari, le secolari azioni dei venti e delle piogge, la caduta delle rocce, le fratture prodotte dai terremoti e dalle forze vulcaniche, tali sono le generali cagioni che producono, ampliano o diminuiscono e continuamente modificano i bacini lacustri.

Digitized by Google

Come tutte le cose che esistono nell'Universo, i laghi hanno i loro periodi di progresso e di decremento; l'equabilità e la diuturna permanenza non è punto in loro un privilegio, come non è in alcuna delle forme del Cosmo.

Le regioni, nelle quali più numerosi e più vasti sono i laghi, sono naturalmente quelle, nelle quali cadono più abbondanti le piogge, e dove, ad un tempo, il suolo è formato di rocce compatte, dalle quali l'acqua non può essere facilmente assorbita. Quest'ultima condizione è, ancora più della prima, essenziale alla formazione dei bacini lacuali. Nell'America boreale, piove certamente meno che nella tropicale; ma il suolo granitico rattiene la umidità precipitata dall'atmosfera, in quell'ora stessa che la scarsa evaporazione non basta a sottrarne un grande volume. Indi noi veggiamo, in quelle alte latitudini, il *Mediterraneo di acqua dolce*, cui il S. Lorenzo attraversa, il Winnipeg, il Winnipegus, i laghi dell'Orso e dello Schiavo ed altri molti. Lo stesso dicasi, e per le medesime ragioni, dell'isola di Terra Nuova, e delle valli orientali delle Dofrine in Scandinavia, e delle pianure della Finlandia, e delle cavità alpestri della Svizzera e dell'Italia settentrionale.

I laghi, del pari che i mari, sono generalmente tanto più profondi, quanto più erti e scoscesi i promontori che li dominano, per la ragione geologica, che le cavità riempite dalle acque debbono corrispondere, con le dimensioni loro, alla possa ed alla mole delle masse sollevate. Egli è perciò che i più profondi fra i laghi Alpini trovansi alla base meridionale della catena, la quale appunto, da quella parte stessa, adergo i più irti e dirupati suoi picchi. Il Lago Maggiore, il cui livello è 199 metri al di sopra dell'Adriatico, sprofonda il suo letto a 854 metri; il Lago di Como, nella parte più cava, a 604 metri; e quelli d'Iseo e di Garda, benchè meno profondi, scendono però molto anch'essi al di sotto della superficie del mare; talchè, se noi immaginiamo la massa delle Alpi tagliata fino al pelo delle acque marine, gli abissi colmati dal Verbano, dal Lario, dal Benaco e dal lago di

Iseo, avrebbero ancora rispettivamente 655, 402, 158 e 130 metri di profondità; mentre, invece, sul boreale versante della catena, il solo lago, il cui fondo sia inferiore al livello del mare, è forse quello di Brienz, e tutti gli altri sono notevolmente superiori a questo limite.

Nelle Alpi stesse, i bacini lacustri sono molto inegualmente distribuiti. Le Alpi Marittime, le Cozie, le Graje e le Pennine, ne possedono relativamente pochi, fino al Monte Bianco; pochi del pari ne hanno le Alpi Giulie, le Carniche e tutte le giogaie più orientali, che si prolungano fino in Turchia, con la sola eccezione di quella parte, che comprende la meridionale Baviera ed il paese di Salzborgo. Si è tutto attorno alla gran massa centrale del San-Gottardo, e nelle valli che irradiano da questo centro, non che in quelle che limitano a ponente le giogaie parallele del Giura, che si contano i più numerosi e grandi laghi di questo sistema.

La forma dei laghi è diversa, come diverse sono le condizioni geologiche dei luoghi ove si sono formati. Varia è pure l'apparenza delle loro acque, a seconda delle sostanze che tengono in sospensione od in soluzione, e degli effetti ottici che risultano dalle riflessioni delle circostanti alture. L'humus vegetale conferisce loro una tinta rossastra o bruna; l'argilla le ingiallisce; i frantumi di rocca e di silice dànno a certi laghi (giusta le induzioni del Tyndall) l'ammirabile loro colore azzurrino. Le acque più pure e più trasparenti presentano, per lo più, un glauco verde, attraverso al quale può discernersi un oggetto a 30 metri di profondità.

Come il mare, i laghi hanno le loro onde e le loro tempeste, talvolta più pericolose di quelle dell'Oceano. Là dove esistono differenze di temperatura tra due regioni limitrofe di uno stesso lago, vi si producono vere correnti, determinandovisi necessariamente l'afflusso delle acque più fredde e più pesanti, verso i punti ove elle sono invece più calde e più dilatate. Tutti i fiumi inoltre i quali traversano un lago aperto o che si gettano in un lago chiuso, come il Rodano, il Reno, la Reuss, il Giordano, vi

determinano correnti locali, ai lati delle quali l'acqna del bacino rifluisce in senso inverso. Nei grandissimi laghi si osservano pure le maree: nel Michigan, l'altezza del flusso va fino a circa 7 centimetri.

Nei climi freddi, durante l'inverno, allorchè perfettamente tranquillo è lo specchio delle acque, si formano aghi di ghiaccio, raggianti gli uni dagli altri sotto angoli di 60 e di 120 gradi, aghi che appariscono dapprima alla snperficie, poi si irretiscono fra loro e formano, da ultimo, uno strato liscio ed unito. Se, invece, la snperficie è agitata, gli aghi si agglomerano irregolarmente e la gelata massa presenta allora una infinità di svariate rnghe e di irregolari meandri. Se poi il livello del lago si alza, per l'immissione di nnove acque, o per l'azione dell'aria contenuta, enormi spaccature si aprono nel ghiaccio, per lo più nella direzione della maggior grandezza del lago.

I laghi che ricevono una quantità d'acqua in eccesso snlla evaporazione (e tali sono i più) danno origine ad un fiume, che è il loro *emissario*. Questi laghi sono veri *regolatori* dei fiumi, che li traversano; le acqne delle piene si raccolgono nei loro bacini, per correre ad alimentare il corso del fiume nell'epoca delle scarse pioggie. Durante la stagione dello squagliarsi delle nevi, il lago di Ginevra si alza, in media 1^m 84 al di sopra della magra d'inverno, e contiene una massa sovrabbondante di 1200 milioni di metri cubici di acqua. La portata del Rodano, al sno uscire dal lago, è di 575 metri al minuto; e i diversi affluenti danno al Lemano più di 1100 metri nell'epoca delle piene; d'onde è evidente l'ufficio di moderatore, che ha il lago relativamente al fiume.

I laghi traversati da corsi d'acqua sono necessariamente bacini d'acqua dolce, perocchè le particelle saline portate loro dagli affluenti, sono poi esportate dagli emissari. Non così i laghi chiusi, nei qnali le particelle saline, recate dai tributari, si depositano e restano, sia attaccate al fondo ed alle rive, sia saturando sempre più la massa liquida. Tali sono il Caspio, il lago di Aral, il

Mare Morto ed altri, dei quali noi abbiamo parlato in varie precedenti occasioni.

Allorquando il bacino lacuale è molto profondo, e ripieno di giunchi, di canne e di altre piante acquatiche, dà luogo alla formazione delle paludi, dei paduli, maresi ecc. Tra i più celebri esempi di queste formazioni, innumerevoli del resto sulla faccia del globo, citeremo quelli che circondano il lago Tchad, nel centro dell'Africa; le *saline* del Paraguai, che si stendono da un orizzonte all'altro, in America, ed alle quali si dànno i nomi di lago di *Xarayes*, di *Pantanal* ed altri ancora; la *Laguna Bera*, alimentata da vari bracci del Parana e dell'Urnguai; il lago *Menzaleh*, in Egitto; gli *Swamps*, dei quali è piena l'America boreale. Si è nel fondo di queste lagune, che si accumulano, col tempo, quei letti di avanzi vegetali, che producono poi le *Torbiere*. Una delle più vaste è quella che, sotto il nome di *Dismal Swamp* (Tetra palude), stendesi sulle frontiere della Carolina boreale e della Virginia, formando una massa spugnosa di vegetazione, alta già in oggi più di 3 metri al di sopra delle terre circostanti. Nel suo centro e (per così dire) *sulla vetta* dell'immenso padule, si è formato il Lago Drummond, le cui chiare acque sono colorate in rosso-bruno dal tannino delle piante. Le torbiere o *Bogs* dell'Irlanda, nelle quali domina lo *Sphagum palustre*, occupano più di un milione di ettari, cioè una settima parte dell'isola intera. Ne abbiamo pure di vaste in Italia, sovratutto in Lombardia e nelle convalli alpine; e forse il combustibile ch'esse forniscono e che è da secoli adoperato negli usi domestici, prenderà un giorno una notevole importanza nel consumo industriale.

Tanto nell'antico quanto nel nuovo continente, le regioni più abbondevoli di serbatoi lacuali giacciono nelle alte latitudini, nelle quali è minore la evaporazione e le acque possono meglio e più durevolmente accumularsi nelle concavità del suolo. Però anche nelle latitudini meno elevate esistono laghi, in tutte quelle regioni ove l'altitudine delle catene montane determina grandi

precipitazioni e scarsa evaporazione, producendo al tempo stesso bacini nei quali le acque possono raccogliersi.

Per queste ragioni, noi possiamo nell'antico continente distinguere due zono o sistemi di laghi. La prima comincia nelle basse piaggie dell' Olanda, siegue i lidi del Baltico, procede lungo il golfo di Botnia, e va, traverso alle algide pianure siberiane, fino allo stretto di Behring. Il Ladoga e l' Onega sono i più vasti laghi della parte europea di questa regione, della quale non sono che un' appendice i bellissimi specchi d' acqua delle isole Britanniche (specialmente della Scozia), della Svezia e della Norvegia.

Il secondo sistema lacuale dell' antico continente siegue la linea (che ho, in una delle precedenti lezioni, descritta) della gran massa montana, e comprende i laghi Pirenaici, gli Alpini, gli Appenninici, quelli dell' Asia Minore, il Caspio, il lago di Aral e i laghi del rialto centrale e delle catene Asiatiche.

Numerosi ma piccoli, in generale, sono i laghi nei Pirenei, segnatamente nelle valli prospicienti il versante francese. Innumerevoli sono essi, invece, nelle Alpi. Tra i più importanti del versante settentrionale, citeremo quelli di Ginevra o Lemano, di Lucerna o dei Quattro Cantoni, di Costanza o Boden-See, di Znrigo, di Neuchatel. Sul versante meridionale sono i ridentissimi laghi italiani, il Maggiore, quelli di Como, di Lugano, di Iseo, di Garda. Notabilissimo è il lago di Zirknitz, presso Trieste, che per una metà dell' anno è un campo coltivabile, e per l' altra metà pieno di acqua, scaricatavi da una caverna calcarea, dalla quale sgorgano fonti intermittenti, e nella qnale soggiornano singolari augelli e pesci, con occhi appena rudimentali. Assai meno importanti e men vasti degli Alpini, sono i laghi Appenninici (crateri, per la maggior parte, di antichi vulcani), fra i quali quello di Perugia ò Trasimeno è il principale.

Descrivendo le linee orografiche dell' antico continente, ho già segnalato la più profonda cavità che ci presenti forse la superficie intera della Terra: quella, voglio dire, in cui giacciono il Lago di Tiberiade ed il Mare Morto, luoghi di paurosa ricordanza nella

leggenda orientale. Il Mare Morto o Lago Asfaltide occupa 100 chilometri di lunghezza, su 25 di larghezza, fra 30° 56′ — 31° 50′ lat. N. e 33° 30′ long. E. Riceve a N. l'El-Charin o Giordano, ed all'O. il torrente di Cedron. Per la grande proporzione di materie saline che contiene, l'acqua del Mare Morto è pesante ed acre, a segno da irritare la pelle umana. Indescrivibile è la scena di solitudine, di desolazione e di orrido squallore, che i dintorni di quel tristo lago presentano. Il livello delle sue acque è più di 430 metri inferiore a quello del Mediterraneo, dal quale non è separato se non mercè della angusta linea del Libano, larga circa alla base 50 miglia. È assai probabile che il Giordano, in una età geologica anteriore alla nostra, sboccasse nel Golfo di Akabah, nel Mar Rosso, dal quale la sua foce fu successivamente allontanata dal progressivo sollevamento della valle nella sua parte più meridionale. L'esistenza di questa barriera creò un interno mare o bacino lacuale, le cui acque e per la forte evaporazione e per la natura del suolo su cui scorrono, si caricarono di materie saline ed acquistarono una crescente gravità specifica, sufficiente a controbilanciare l'effetto della sotterranea filtrazione dal Mediterraneo. Le acque del Mare Morto hanno una gravità specifica di 1. 24, cosichè se uno stretto canale di comunicazione fosse aperto ad una profondità di circa 1556 metri al di sotto della superficie del Mediterraneo, i due mari resterebbero in equilibrio per eguaglianza di pressione idrostatica.

A' piedi della giogaia del Tauro è una regione di laghi salsi, in alcuni dei quali (per esempio, quello di Toozla) non possono vivere i pesci, appunto forse per l'eccessiva quantità di sali in dissoluzione. Il lago di Urmiah sulla frontiera di Persia o di Armenia, il lago Van, a lui vicinissimo, ed il lago di Zurrah sulla frontiera dell'Afganistan, sono i più notevoli fra questi serbatoi di acque.

Le pianure che circondano il Mar Caspio, il lago di Aral e le steppe fino ai monti Urali, formarono certamente (la natura del terreno e delle conchiglie che contengono, non ce ne lascia me-

nomamente dubitare) in una remota età geologica, parte del letto di un vasto mare, forse comunicante, a nord del Caucaso, col Mar Nero. Il Caspio non è oggi che un immenso lago di acqua salmastra, lungo 1200 chilometri da N. a S. e largo 300 da O. ad E. Il suo livello è di 115 metri più basso di quello dell' Ensino. La massima sua profondità è di 140 metri.

Il lago di Eltonsk, nelle steppe ad oriente del Volga ha una superficie di 130 miglia geografiche quadrate, e fornisce i due terzi del sale che la Russia consuma.

Il lago di Aral ha 450 chilometri di lunghezza e 240 di larghezza. Al pari del Caspio, va tutti i giorni diminuendo di estensione ed acquistando una maggiore salsedine, doppio fenomeno che dipende dall' eccesso della evaporazione sulla immissione.

Pochi sono i laghi nella catena Imalaica: il più ampio è quello di Wuler nella Casmiria; notabilissimo ed anzi unico al mondo per la sua forma anulare, è il lago Palte, presso alla base settentrionale della catena. Tra i picchi più giganteschi e presso alle sorgenti dell' Indo, del Gange e del Bramaputra, sono i *Laghi Sacri* dell' India, tra i quali primeggiano quelli di Manassarowan, di Bakas-Tal e di Gho-Lagan.

Poco conosciuti sinora sono i laghi dell' altipiano centrale dell' Asia, fra i quali i più grandi diconsi quello del Koko-Nor ed il Lop. Bellissimi sono i laghi Altaici, il più vasto dei quali è il Baikal, a forma di mezzaluna e giacente quasi sepolto fra le montagne.

Finalmente, tra i laghi dell' Asia Orientale, citerò quello di Oitz, nel Giappone, formatosi 280 anni prima dell' E. V. in una sola notte da un enorme e repentino sprofondamento del suolo, durante una delle più violente eruzioni vulcaniche, dalle quali sia stata travagliata quella interessante contrada.

Numerosi assai sono i bacini lacuali dell' Africa. Nell' Istmo di Suez sono le cavità dei cosidetti Laghi Amari e del Timsah, nei quali i lavori dell' uomo riconducono ora le acque del mare, che una volta vi avea certamente portato la Natura; ed il lago Men-

zaleh, vasta lagnna formata dalle acque del Nilo, ivi fatte salmastre, e che ne escono attraverso a numerose bocche o *Boghaz* sul margine settentrionale. La catena dei laghi salati si continua dall' Egitto lungo i lidi settentrionali d' Africa, e si riproduce poi lungo gli orientali dell' Africa meridionale. Amplissimo è il lago d' acqua dolce N' yapi, a ponente del canale di Mozambico. Anche più vasti sono i laghi Nyassa scoperti da Speko. I viaggi di Oswell, di Murray, di Barth, di Vogel, di Livingstone, di Deken hanno accertato, nell' interno dell' Africa l' esistenza di molti e grandi laghi, fra i quali ricorderò ancora quelli di Ngami, e di Demhia nell' Abissinia, e l' immenso Tchad nel centro della Nigrizia.

Veniamo ora ai laghi del Nuovo-Continente. Nessun sistema lacuale, sulla faccia del globo, rivaleggia in ampiezza con quello dell' America Settentrionale, ben nomato il *Mare di acqua dolce.* Esso è formato di cinque grandi serbatoi, insieme comunicanti, che sommergono una superficie di 90,000 miglia geografiche quadrate. Essi sono:

	Estens. in miglia geogr. quadr.	Altitudine al di sopra del mare	Media profondità
Il Lago Superiore	32000	210 metri	300 metri
» Michingan	22400	200 »	333 »
» Urone	20400	200 »	333 »
» Erie	9600	188 »	40 »
» Outario	9300	78 »	177 »

Innumerevoli laghi palustri di mediocre estensione occupano le regioni boreali dell' America.

Molti son pure i laghi dell' America Centrale, ma piccoli, ad eccezione di quello di Nicaragua, delle cui acque e di quelle del fiume S. Juan si è ponsato di trarro partito per l' apertura del bosforo artificiale tra i due Oceani.

Una serie di lagune e di paludi giace lungo la base orientale delle Ande. Ma nelle alte valli e nei pianori di questa catena, sono molti laghetti di colore verde od azzurro, purissimi e di

freddissime acque ripieni. Uno dei più grandi laghi dell'America Meridionale è il Tititaca, nelle Ande di Bolivia, la cui superficie è più di 4000 metri al di sopra del livello del mare.

In Oceania, sono notabili i laghi di Torrens, di Victoria, di Alberto, nell'Australia, quello di Saint-Clair, nella Diemenia, e quello di Tanpo, nella Nuova Zelanda.

E qui pongo termine alla sommaria ma fedele descrizione dei sistemi idrografici, che provvedono all'adacquamento del nostro globo.

IX.

Prima però di concludere qnesta lezione, reputo conveniente di sogginngere alcun cenno sopra nn argomento che è naturalmente connesso con le leggi generali idrografiche, alla delineazione delle qnali essa è stata consecrata. — Voglio parlare delle *Grotte* e delle *Caverne*, cioè di quelle profonde e tenebrose escavazioni, che qua e là s'incontrano nelle viscere della terrestre crosta, e le quali hanno, giusta le più recenti scoperte della paleontologia e dell'archeologia, esercitato una notevolissima influenza sulle primitive sorti della umanità. Nell'India, a Ellora, a Elefanta, a Salsetta, si è oggidì ancora in quei profondi recessi, che si celebrano religiosi e venerati riti. Nell'antichità, i sacerdoti del paganesimo li aveano scelti, del pari, per le loro funzioni misteriose o sanguinarie; ed in un'epoca più remota ancora, dirimpetto alla quale l'età dei Faraoni e quella degli Etruschi debbono chiamarsi comparativamente moderne, nell'*epoca della pietra*, l'uomo non ebbe altra abitazione che qnesta, nè altra maniera per difendersi dal rigore e dalle intemperie delle stagioni. — Le acque sotterranee, se non sono sempre la causa della formazione di quelle lme cavità, hanno però ognora contribuito ad ampliarne le dimensioni, e vi sono sovente raccolte in più o meno vasti specchi.

Il più delle volte esse risultano dalle fratture operatesi nelle rocce e negli strati terrestri, in conseguenza del loro ineguale raffreddamento, di scosse di terremoti o di altri fenomeni riferibili a qnella riazione dell' interno verso la superficie, che formò già l' oggetto di una mia antecedente lezione. Quelle fessure, originariamento piccole per lo più, sono sovente state aggrandite dalle acque correnti, che ne hanno eroso le pareti.

La maggior parte di quelle caverne contengono ossa di animali commiste a minerali di varie specie, ed evidentemente trasportatevi il più delle volte dalle acquo diluviali. Fra le più celebri di quelle grotte ossifere, ricorderò quelle di Gailenreuth, in Baviera; di Baumann, nei monti dell' Harz; d' Adelsberg, nella Carniola (Illiria); del picco del Derbyshire, di Kirkdale, in Inghilterra; di Lunel-Viel e di Fouvent, in Francia; di Mammoth's Cave, nel Kentuky, negli Stati-Uniti di America; di Guachero, nella Colombia, ecc.

La più vasta delle caverne conosciute è, senza dubbio, quella di Mammoth, dedalo immenso, del quale già si esplorarono più di dieci leghe di estensione, senza che finora siasene trovata la fine.

Qnasi tutte queste caverne contengono laghi o depositi di acque, e concrezioni calcari, formanti *stallatiti* e *stallagmiti* delle più svariate forme e dimensioni.

La decomposizione e l' altorazione dei bàsalti, sotto l'azione dell'aria e delle acque, ha formato, in più luoghi, grotte naturali che, con le loro alte colonne prismatiche e regolari, assumono un carattere affatto particolare di eleganza e di maestà. La più celebre di siffatte caverne basaltiche, è qnella dell'isoletta di Staffa, conosciuta sotto il nome di *Grotta di Fingal,* di cui ho già dovuto far cenno altra volta *(V. Lez. XXI).*

In Italia è famosa la *Grotta del Cane,* noi dintorni del lago di Agnano, ad 8 chilometri S. O. da Napoli. Essa è riempiuta dal gaz carbonico, il qnale, non potendo, pel suo peso specifico, alzarsi che ad un metro circa al di sopra del suolo, vi fa perire i piccoli animali, mentre l' uomo, alla cui bocca non arriva quel gaz deleterio, non ne risente alcun male.

Digitized by Google

Fra le italiane grotte, è celebre ancora e più assai meriterebbe di esserlo quella del *Capo-Caccia* in Sardegna, presso Alghero, conosciuta anche sotto il nome di *Antro di Nettuno*. Questa caverna è una delle più belle per la stupenda varietà delle stallatiti e stallagmiti, e per le maravigliose illusioni di ottica che presenta quando sia bene illuminata. Vi si scorgono gruppi di statue, di animali, alberi, castella, cascate di acqua e mille altre fantastiche immagini, impossibili colla penna a descriversi.

Vi hanno caverne dalle quali esalano correnti di aria fredda, la spiegazione delle quali ha non poco occupato i naturalisti. Orazio di Saussure ha esaminato simile fenomeno nelle grotte del monte Testaccio a Roma, in quelle d'Ischia, di S. Marino, di Cesi, di Chiavenna, di Caprino, di Mendrisio, d'Hergisweil presso Lucerna. La origine di quelle correnti fredde dipende dall'esistenza di orifizi corrispondenti, aperti a livelli più alti di quelli che si conoscono, e che cagionano richiami d'aria, quando vi ha disequilibrio di temperatura fra l'atmosfera esteriore e l'aere interno.

In quanto alle caverne abitate dall'uomo primitivo, ci occorrerà di parlarne nell'ultima lezione di questo Corso. Ci contenteremo per ora di osservare coll'illustre Sig. John Lubbock che esse generalmente si trovano nei terreni calcari, i quali oppongono un'assai ineguale resistenza alle influenze atmosferiche ed alle idrometeore; sicchè la superficie delle pareti fra le quali scorrono i fiumi ed i torrenti, offrono specie di ripari, nei quali, in una assai remota epoca della sua storia, cercò l'uomo un asilo, e nei quali la scienza moderna va scoprendo gli avanzi della primeva rozza industria e quelli umani avanzi, che hanno fatto rimontare la storia della nostra specie ad una età immensamente molto anteriore a quella che le assegnavano le tradizioni finora accettate.

LEZIONE XXVIII.

Distribuzione geografica dei minerali

—

SOMMARIO.

Elementi chimici componenti la crosta terrestre. — Loro varia distribuzione. — Importanza relativa. — Quattro specie fondamentali di rocce. — Età relativa dei terreni sedimentari. — Età relativa delle montagne. — Distribuzione geografica dei minerali utili all' uomo, e specialmente dei metalli, dei combustibili, delle pietre preziose ecc.

I.

Signori,

Uno dei più splendidi trionfi dello spirito sintetico, che la moderna filosofia naturale ha, non senza opposizione nè senza fatica, innestato nelle alte indagini della Fisica del globo, è, senza dubbio, il felice concetto di classificare metodicamente le forme, tanto inorganiche quanto organiche, degli esseri, che popolano la superficie del globo. E la fisica descrizione della vita del pianeta, alla quale questo mio Corso è destinato, troppo incompiuta sarebbe, se, dopo avere partitamente studiato i fenomeni dei quali è sede l' atmosfera che lo circonda, e quelli delle sue parti solide e liquide, noi per avventura trascurassimo di indagare le leggi, che hanno presieduto alla distribuzione, così dei minerali come dei vegetali ed animali, sulla sua superficie.

Digitized by Google

Il numero dei corpi semplici, i quali, combinandosi gli uni con gli altri, dànno origine alla interminabile serie dei corpi formanti la crosta terrestre, benchè siasi vennto progressivamente aumentando, a misura che crescevano in energia ed in perfezione i mezzi di analisi dei quali disponeva la scienza, è pur tuttavia assai limitato ancora, al paragone dell' innumerevole copia dei corpi composti, che dalla varia loro combinazione risultano. *Sessantasei* elementi chimici, *i quali non si combinano mai fra loro se non in proporzioni definite*, bastano alla potente e feconda economia della Natura, per sopperire alla infinita moltiplicità delle forme, onde ella riveste tutte le sue fatture. È da notare inoltre che cotesti elementi sono distribniti in così estremamente ineguali proporzioni, e cotanti son qnelli che non esercitano (per quanto, almeno, ci è dato oggi ancora saperne) che una secondaria influenza, sia nel generale ordinamento dell' Universo, sia nelle utili applicazioni che di essi fa l' industria umana, che, qnando noi ci limitiamo a considerare quelli soltanto, i quali hanno veramente una primaria importanza, il loro elenco apparisce più ancora notevolmente ristretto.

Ecco ora una tavola, nella qnale i corpi semplici sono alfabeticamente disposti, con l' indicazione del simbolo chimico a ciascuno di essi corrispondente, del loro equivalente, e, per la più gran parte di essi, del nome dello scopritore e della data della scoperta.

Nome dei corpi semplici	Simbolo chimico	Equivalente riferito all' idrogeno fatto = 1	Nome dello Scopritore
1. Alluminio	Al	13, 75	Wöhler nel 1827
2. Antimonio	Sb	120, 60	Basilio Valentino
3. Argento	Ag	108, 00	
4. Arsenico	As	75, 00	Paracelso
5. Azoto	Az o N	14, 00	Rutherford nel 1772
6. Bario	Ba	68, 50	H. Davy nel 1807
7. Bismuto	Bi	106, 43	
8. Boro	Bo	10, 89	Gay-Lussac e Thenard nel 1808
9. Bromo	Br	80, 00	Balard di Montpellier nel 1826

Nome dei corpi semplici	Simbolo chimico	Equivalente riferito all' Idrogeno fatto = 1	Nome dello Scopritore
10. Cadmio	Cd	56, 00	Stromeyer ed Hermann nel 1818
11. Calcio	Ca	28, 00	H. Davy
12. Carbonio	C	6, 00	
13. Cerio	Ce	47, 25	Berzelius ed Hisinger nel 1809
14. Cesio	Cs	124, 00	Kirchoff e Bunsen
15. Cloro	Cl	35, 50	Schéele nel 1774
16. Cobalto	Co	29, 50	Brandt nel 1733
17. Cromo	Cr	26, 28	Vauquelin nel 1797
18. Didimio	Di	» »	Mosander nel 1839
19. Erbio	Er	» »	
20. Ferro	Fe	28, 00	
21. Fluoro	Fl	19, 00	
22. Fosforo	Ph	31, 00	Brandt nel 1669
23. Glucinio	Gl	7, 00	Wöhler nel 1827
24. Idrogeno	H	1, 00	Boyle nel 15.° secolo
25. Ilmenio	Il	» »	
26. Iodo	I	127, 00	Courtois nel 1811
27. Indio	In	» »	
28. Iridio	Ir	98, 50	Tennant nel 1803
29. Itrio	It	32, 00	
30. Lantano	La	48, 00	Mosander nel 1839
31. Litio	Li	7, 00	H. Davy
32. Magnesio	Mg	12, 00	Bussy nel 1831
33. Manganeso	Mn	27, 50	Segnalato da Schéele nel 1774 ed isolato poi da Gahn
34. Mercurio	Hg	100, 00	
35. Molibdeno	Mo	48, 00	
36. Nichello	Ni	29, 50	Croenstedt nel 1751
37. Niobio	Nb	49, 00	Scoperto recentemente da H. Rose
38. Oro	Au	98, 20	
39. Osmio	Os	99, 50	Tennant nel 1803
40. Ossigeno	O	8, 00	Priestley nel 1774
41. Palladio	Pd	53, 25	Wollaston nel 1803
42. Pelopio	Pe	» »	Scoperto recentemente da Rose
43. Piombo	Pb	103, 50	
44. Potassio	K	39, 14	Humphry Davy nel 1807
45. Platino	Pt	98, 50	Introdotto in Europa da Wood nel 1740
46. Rame	Cu	31, 75	
47. Rodio	Rh	52, 16	Wollaston nel 1804
48. Rubidio	Rb	85, 41	Kirchoff e Bunsen
49. Rutenio	Ru	52, 16	Clauss nel 1843
50. Sodio	Na	23, 00	Humphry Davy nel 1807
51. Selenio	Se	40, 00	Berzelius nel 1817
52. Silicio	Si	21, 00	Berzelius nel 1824
53. Solfo	S	16, 00	
54. Stagno	Su	59, 00	

Digitized by Google

Nome dei corpi semplici	Simbolo chimico	Equivalente riferito all'Idrogeno fatto = 1	Nome dello Scopritore
55. Stronzio	Sr	44, 00	H. Davy
56. Tallio	Th	204, 00	Crookes — isolato da Lamy
57. Tantalio	Ta	68, 08	Hatchett nel 1801
58. Tellurio	Te	64, 50	Muller di Reicheostein nel 1782
59. Terbio	Tb	» »	
60. Titanio	Ti	25, 00	Gregor nel 1791
61. Torio	To	59, 50	Berzelius
62. Tungsteno	W	92, 00	
63. Uranio	U	60, 00	Peligot nel 1842
64. Vanadio	Vu	68, 50	Sefström nel 1830
65. Zinco	Zn	33, 00	
66. Zirconio	Zr	33, 50	Wöhler nel 1827.

Le sostanze elementari gazose, le quali concorrono a formare i materiali della crosta del globo in sufficiente abbondanza, per costituire la parte precipua del suo totale volume: sono: 1.° l'*Ossigeno*, che forma un quinto circa dell'atmosfera, quasi otto noni del mare, metà delle rocce silicee e calcari, e più della metà delle alluminose, oltre all'entrare, notevole elemento, in quasi tutti gli altri composti minerali; talchè può dirsi, in complesso, costituire esso non meno della metà di tutta la materia ponderabile del nostro globo; 2.° l'*Idrogeno*, che forma un nono circa dell'Oceano, e di tutta quella massa d'acqua, che entra nella essenziale composizione di un grandissimo numero di minerali, non che nella totalità della parte acquea dell'atmosfera e del suolo; 3.° l'*Azoto*, costituente i quattro quinti dell'Oceano aereo, e concorrente a formare i nitrati di calce, di potassa e di soda, così vastamente disseminati nel suolo, non che i corpi vegetali ed animali.

Gli ossidi di silicio e di calcio, quelli di carbonio nello stato di acido carbonico nelle rocce calcari, quelli di ferro, ingrediente di pressochè universale intrusione nella Natura, formano l'immensa maggioranza dei materiali solidi della terra. Dopo di questi, vengono, gerarchicamente, la potente base potassio ed il sodio nello stato di alcali, formanti una notevole porzione delle masse granitiche, e costituenti una cospicua parte della composizione di

altri corpi, tra i quali il sale di rocca e l'acqua marina. Un importante elemento è pure la magnesia nella costituzione delle rocce serpentinose, delle dolomie e di molte pietre calcari. Nelle formazioni antracitiche e carbonifere, prevale naturalmente il carbonio. Gli altri elementi chimici non si presentano in qualche abbondanza, se non accidentalmente e localmente, nelle vene delle miniere, o disseminati in cristalli, o come subordinati componenti di altre rocce e di altre svariate terrestri formazioni.

II.

Se consideriamo ora le differenze loro di struttura e di sovrapposizione, quali risultarono dall'antico lavorio delle naturali forze, le rocce si classificano in *stratificate* e *non stratificate*, in *lamellari* e *compatte*, in *normali* ed *anormali*. — Ma se cerchiamo, invece, di scoprire, mercè dello studio dei fenomeni che si producono oggi ancora, per l'influsso delle cause attuali sotto i nostri occhi operanti, in qual modo le rocce furono successivamente formate e modificate, troviamo che devono elle distribuirsi in quattro classi fondamentali:

1.° Rocce *sedimentarie*, perchè precipitate o deposte nel seno di un liquido, nel quale erano primitivamente disciolte, o semplicemente tenute in sospensione. Esse sono stratificate, contengono avanzi di piante e di animali, si formarono evidentemente nel modo stesso in cui attualmente si formano i depositi al fondo dei mari, dei laghi, delle paludi ecc., ed emersero successivamente, in virtù dei sollevamenti ed abbassamenti reciproci, ai quali andò tante volte soggetta la superficie del globo.

2.° Rocce *eruttive*, cioè uscite dall'interno della Terra, le une *vulcanicamente*, nello stato di fusione, le altre *plutonicamente*, nello stato di rammollimento più o meno deciso.

3.° Rocce *metamorfiche*, le quali si sono originariamente formate come le rocce sedimentarie, ma poscia sono state alterate,

sia per la vicinanza e pel contatto di rocce di eruzione plutonica o vulcanica, sia per l'azione di vapori e di sublimazioni, quali sogliono, come ho dimostrato nella mia XXIII^a Lezione, accompagnare i fenomeni vulcanici..

4.° *Conglomerati*, rocce formate dei frammenti, più o meno minuti, delle tre altre specie di rocce, meccanicamente divise.

Fra queste quattro classi di rocce, la prima (sedimentaria) ricevette anche dai Geologi il nome di *fossilifera*, dacchè essa contiene gli avanzi fossili delle flore e delle faune antiche. Tutte le altre rocce sono senza fossili, o *Azoiche*.

Carlo Lyell ci fornisce la seguente tavola sinottica degli strati fossiliferi.

1.	Terreni attuali	Post-Terziario	Terziario o Cainozoico	Neozoico
2.	Post-Pliocene			
3.	Nuovo-Pliocene	Pliocene		
4.	Antico-Pliocene			
5.	Miocene-superiore	Miocene		
6.	Miocene-inferiore			
7.	Eocene-superiore	Eocene		
8.	Eocene-medio			
9.	Eocene-inferiore			
10.	Letti di Maestricht	Cretaceo	Secondario o Mesozoico	
11.	Creta bianca superiore			
12.	Creta bianca inferiore			
13.	Arenaria superiore			
14.	Argille marnose.			
15.	Arenaria inferiore			
16.	Wealden			
17.	Letti di Purbeck	Giurese		
18.	Pietra di Portland			
19.	Creta di Kimmeridge			
20.	Detriti corallini			
21.	Creta di Oxford			
22.	Oolite superiore			
23.	Oolite inferiore			
24.	Lias			
25.	Trias superiore	Triasico		
26.	Trias medio o Muschelkalk			
27.	Trias inferiore			
28.	Calcare magnesiaco	Permico	Primario o Paleozoico	Paleozoico
29.	Strati carboniferi	Carbonifero		
30.	Calcare carbonifero			
31.	Devonico superiore	Devonico		
32.	Devonico inferiore			
33.	Silurio superiore	Silurio		
34.	Silurio inferiore			
35.	Cambrico superiore	Cambrico		
36.	Cambrico inferiore.			

III.

L' ordine di sovrapposizione degli strati sedimentari, delle falde metamorfiche e dei conglomerati, la natura dei terreni che le rocce eruttive hanno toccati o traversati, la presenza dei resti organici, e le differenze di loro struttura, tali sono gli indizi, che permettono di assegnare la relativa età delle successive formazioni; tali sono (sclama A. di Humboldt) i monumenti dell' istoria del globo ed i capisaldi della sua cronologia, che il genio di Hooke avea presentito. « Dal modo (dice il chiaro Professore Giovanni Omboni) con cui si formano attualmente gli strati sedimentari, si deduce che *tutte le rocce sedimentarie si devono essere formate dopo la formazione delle rocce senza fossili, che si trovano sotto di esse;* che *devono essersi formate con un certo ordine cronologico*; e che *quest' ordine deve essere lo stesso che quello con cui sono sovrapposte;* giacchè ciascuna di esse non ha potuto formarsi, se non deponendosi *sopra* quelle già prima esistenti. (V. la nostra Tavola I. *Sezione ideale della crosta della Terra* a pag. 141.)

« E dunque *le rocce non fossilifere sottostanti alle sedimentarie devono esserne più antiche; e quando le rocce stratificate sono nella loro posizione naturale, le più antiche sono le più profonde, e tutte le altre sono tanto meno antiche o tanto più moderne, quanto più vicine alle superficiali, che sono le più moderne.*

» Questo è il principio o criterio *stratigrafico*, per determinare l' *età relativa* delle *rocce sedimentarie*, per trovare se una data roccia sedimentaria è più antica o più moderna di un' altra, cioè se si è formata prima o dopo. È facilissimo ad applicarsi, quando le rocce non sono smosse dalla loro posizione naturale; ma quando gli strati sono inclinati, verticali ed anche capovolti, bisogna chiamare in aiuto qualche altro criterio.

» È un fatto che uno strato può avere molta estensione in lungo e in largo, senza mutare menomamente di natura minera-

logica, cosicbè si ritrovi in più paesi differenti, per esempio in Lombardia, nel Veneto ed in Piemonte, sempre cogli stessi caratteri, e si possa assumere come un buon *orizzonte geologico*, per determinare l'età relativa delle rocce superiori ed inferiori; ma non sempre, anzi assai di rado questo avviene, e invece uno stesso strato varia spesso di natura mineralogica passando da un luogo all'altro, ora più ora meno gradatamente, cosichè uno stesso strato può, per esempio, essere calcareo in Lombardia, arenaceo in Piemonte e argilloso nel Veneto. In tal caso, il carattere mineralogico perde ogni suo valore, se si vogliono paragonare fra loro gli strati di quei tre paesi, ma può rimanere ancora importante nello stadio di un solo paese, nel quale lo strato non subisce considerevoli variazioni, per esempio nella Lombardia.

» Quando perdono di valore i criteri stratigrafico e mineralogico, può valere moltissimo il criterio *paleontologico*, ossia il criterio tratto dai fossili contenuti nelle rocce sedimentarie.

» Siccome gli strati si formarono durante una successione di periodi lunghissimi, e ciascuno di essi ricevette e conservò gli avanzi dei corpi viventi, che abitavano la terra nell'epoca della sua formazione, così gli strati contenenti questi avanzi si possono a buon diritto considerare come altrettanti musei, capaci di dare una idea sufficiente, ma non certamente completa, delle faune e delle flore, che si sono succedute sulla terra nelle varie epoche geologiche anteriori alla nostra ».

Ho creduto bene di riprodurre per disteso questo squarcio del dotto professore lombardo, perocchè mi pareva riassumere egregiamente i tre criteri generali, coi quali la scienza è pervenuta ad estimare l'età relativa delle rocce di sedimento.

Ma la scienza ha fatto di più: essa ha voluto determinare l'età relativa delle varie formazioni orografiche, ossia l'*Età delle Montagne*.

Supponiamo, per esempio, che gli strati i quali formano il rivestimento C D (*Fig.* 107) dei fianchi di una catena di montagne, siano composti di calcari appartenenti al periodo *Eocenico* e che

l' asse della montagna sia occupato da una massa granitica eruttiva; l' apparizione di questa montagna sarà più recente del periodo

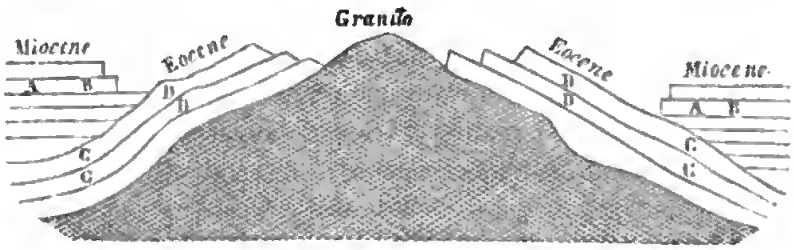


Fig. 107. — Età delle montagne.

eocenico, poichè avrà sollevato i terreni di questo periodo medesimo. Supponiamo ora che i depositi orizzontali A B, che sono in contatto con gli strati rialzati della montagna, siano composti di sedimenti del periodo *Miocenico,* il gran fenomeno che diede origine a quella catena di monti sarà intermediario tra i periodi eocenico e miocenico, poichè i depositi lasciati dai mari, durante il periodo miocenico, non furono alterati, e conservarono la loro posizione orizzontale. Questa semplice coincidenza basta, per assegnare l' età relativa della montagna.

Or bene, applicando siffatto criterio, la moderna geologia, per opera specialmente del Sig. di Beaumont, potè formare un catalogo delle grandi catene di montagne, disposte nell' ordine delle rispettive età, una specie di genesi o di cronologia di quelle immense rivoluzioni, o, meglio, evoluzioni del globo, che modificarono e corrugarono sì variamente la sua superficie.

Se, infatti, noi assumiamo per tipo una catena di montagne, nella quale solo gli strati C e D furono smossi dalla loro positura orizzontale, mentre gli strati A B non subirono inclinazione; se poi troviamo un' altra catena montana, attorno alla quale anche gli strati A B vennero dislocati; e se, finalmente, una terza catena ci presenta nello stato orizzontale tutti gli strati A B C D, dovremo inferirne che quest'ultima è, di tutte e tre, la più antica, siccome quella

cho ebbe origine *innanzi che tutti* i terreni di sedimento venissero a deporsi a' suoi piedi; ne concluderemo, del pari, che la prima delle tre catene è più recente dell' ultima, perchè sollevò seco i terreni CD, ma più antica della seconda, perocchè questa comparve quando erano già depositati i terreni AB, e li alzò con sè dalla posizione orizzontale alla inclinata.

Partendo da questi principii, il citato geologo francese credette di potere stabilire, per esempio, che l' Erzgebirge (fra le montagne di Europa) è anteriore al Giura, questo ai Pirenei ed agli Appennini; che questi, non che le Alpi Occidentali, precedettero l' apparizione delle Alpi Centrali; le quali sono pressocchè contemporanee alla catena asiatica dell' Imalaia; che, infine, la Cordigliera dolle Ande, in Amorica, è il più moderno od il più giovane dei grandi sistemi orografici del nostro globo.

Il concetto fondamentale del Sig. E. De Beaumont è perfettamente giusto, se tende a stabilire che i sollevamonti, dai quali le catene montane osistenti vennero formate, non sono tutti nè *simultanei* quanto al tempo, nè uguali rispetto alla *intensità*. Il periodo, nel quale cominciò ad emergere la Cordigliera, non coincido, per fermo, con quello in cui si sollevarono il Giura o l' Appennino; como, dall' altro canto, la energia, con la quale le Ande americane si vanno adergendo, è di gran lunga maggiore di quella con la quale si innalzano le Dofrine Scandinaviche, o di qnella con la quale si abbassa la parte orientale dell' Australia.

Ma là dove l' illustre capo-scuola della teoria delle Rivoluzioni ha forse sostituito una arbitraria ipotesi *a priori* alla esatta e positiva osservazione delle leggi generali della Natura, si è quando parlò di *sollevamenti istantanei* delle catene montane, e di una *assoluta contemporaneità* o *successione* fra le varie catene. Riferendosi, per esempio, ai Pirenei, egli ne ragionò dapprima siccome di una catena subitaneamente sollevatasi (*à un seul jet*); in seguito però egli concedette, nella sua famosa opera *Systèmes des Montagnes*, che in quella catona, nonostante la generale unità e semplicità della sua struttura, pur tuttavolta sei o sette sistemi di

dislocamento, aventi date diverse, possono essere riconoscinti. Ma, a rignardo dell' ultima e, di gran lunga, della più importante di quelle convulsioni, il Sig. De Beaumont afferma avere essa raggiunto la sua presente altitudine in una certa determinata epoca della storia della Terra, vale a dire trammezzo alla deposizione delle crete, e a quella di certe formazioni terziarie, antiche qnanto l' argilla plastica, perchè la creta vi apparisce sui fianchi della mentagna in letti verticali, curvi o distorti, come C D nella nostra Fig. 107, mentre invece le formazioni terziarie delle qnali è cenno, vi sono in istrati orizzontali alla sua base, come A B nella Fig. medesima.

Or bene, ammettendo perfettamente i fatti sui qnali l' Antore dei *Systèmes des Montagnes* ragiona, noi non possiamo però punto soscrivere alla conclusione ch' egli ne trae, circa alla subitaneità o alla estrema rapidità della convulsione, che diede origine al sollevamento dei Pirenei; perocchè, ristringendo anche la cronologia di qnesto avvenimente al solo periodo che corse fra le dne formazioni summentovate, esso pnò benissimo abbracciare un lunghissimo, anzi un indefinito lasso di tempo. Per conseguenza, non regge tampoco qualnnque illazione, che far si voglia sulla supposta *contemporaneità* (se pur si intende assumere qnesta parola nel suo ordinario e proprio signlficato) della catena Pirenaica e di altre catene; le quali poterono bensì avere avuto il loro cominciamento negli stessi limiti di geologiche età, entro ai quali ebbero principio i Pirenei, ma in un tempo pur sempre *infinitamente lontano* da quello in cui appariva la catena Ispanica.

Bene comprendono i miei Uditori che io non posso qni, nei limiti impostimi dalla economia del mio lavoro, entrare in una minuta e particolareggiata discnssione di queste grandi teorie, la quale colore che ne fossero bramosi potranno trovare pienissima nelle opere del sommo Lyell, e segnatamente nel Capo VII del Libro I. de' suoi immortali *Principles of Geology*. Questi pochi cenni però io giudico sufficienti allo scopo nostro, il quale, del resto, sarà maggiormente chiarito alla mente vostra, se vorrete,

o Signori, rappresentarvi i concetti per me svolti in altre parti del mio Corso, particolarmente nelle mie Lezioni VIII.ª e XXXI.ª, alla qnale ultima, in ispecialissima guisa, mi permetto di richiamare fin d'ora la vostra attenzione.

IV.

I prodotti minerali della Terra, in quanto servono ad umana utilità, possono considerarsi sotto i generali rispetti di materiali per le costruzioni, per gli strumenti ed utensili, per oggetti d'ornamento e di lusso, per uso medicale, e per consumo domestico ed industriale. — Sulla prima di coteste divisioni non entreremo in molto minute particolarità. Tutte le masse rocciose suscettibili di essere tagliate in blocchi di sufficiente consistenza, da poter resistere all'azione dell'acqua e delle intemperie, forniscono più o meno buoni materiali da costruzione. Le formazioni granitiche, quelle specialmente nelle quali è poco abbondante il feldspato e prevalente invece l'albite, sono le meglio adatte alla erezione di moli grandi e monumentali. Le gigantesche costruzioni egizie sono quasi tutte di granito sienitico e di porfido. Molti dei più celebri edifici dell'antica Roma sono di travertino, deposito calcare delle numerose sorgenti carbonate, che sgorgano copiose a' piedi dell'Appennino, e specialmente a Volterra ed a Terni. I marmi architettonici sono abbastanza comuni; rari invece gli scultorii, i più belli dei quali sono forniti dalle cave di Pentelico presso Atene, e dal monte Marpeso nell'isola di Paros, sulle cui masse il genio dei Greci scultori ha stampato l'impronta dell'immortalità, toccando il sublime della più che umana bellezza nelle divine forme della Venere di Milo. Non meno stimato è il marmo delle cave di Carrara, nel golfo di Genova.

All'arte delle costruzioni e, per conseguenza, al benessere ed alla civiltà della umana convivenza sono altresì d'immensa importanza le formazioni calcaree, che dànno i cementi. Là dove manca

la calce, le conchiglie marine nei paesi litorani possono fornirne un utile succedaneo. Sommamente utile è oziandio la calce come materia di agronomica applicazione, comechè la magnesia, quando è con essa combinata, riesca un veleno per la vegetazione; e vasti spazi, nei quali questa combinazione si verifica, nell' interno della Francia, nel settentrione dell' Inghilterra e nelle vicinanze di Napoli, sono, appunto per questa cagione, condannati ad irremediabile sterilità.

Tra le rocce argillose, le ardesie, per la loro struttura fogliacea e per la loro grande resistenza, occupano un segnalato posto tra i materali da costruzione. Le belle cave di Lavagna in Liguria godono di una celebrità, che non è superata forse che da quella delle cave di Penrhyn, nel paese di Galles, in Inghilterra.

I prodotti minerali adoperati nella fabbricazione dei nostri strumenti ed utensili, sono principalmente i metalli e le sostanze usate nella ceramica e nella vetreria. Tra i metalli utili, il ferro occupa incontrastabilmente il primo posto; e bene ebbe ragione il chimico Thénard, affermando che la civiltà d' un popolo si misura dalla quantità del ferro ch' esso consuma. In virtù della sua possente affinità per l' ossigeno, raramente si trova questo metallo allo stato nativo (benchè se ne abbiano esempi a Steinbach, in Eibestock, a Kamsdorf in Sassonia, e nel Mont d' Oule, presso Grenoble, in Francia), tranne in masse, alle quali una origine meteorica è assegnata, come ho accennato nella mia Lezione XXII^{a}, trattando degli Uranoliti. — Fortunatamente però il ferro, combinato con lo solfo o con l' ossigeno, è abbondantissimamente sparso sul globo. Nell' isola d' Elba, intere montagne consistono di ossido speculare di ferro. I monti di Taberg, in Laponia, e di Pumachanche, nel Chili, sono quasi totalmente formati di ferro magnetico. Esso è copioso ancora in Corsica, Savoia, Boemia, Sassonia, Russia, e nelle Indie Orientali. Ma il più fortunato paese, per questo rispetto, è la Gran-Bretagna, dove le immense miniere di ferro sono contigue ai letti carboniferi, sicchè il fuoco necessario alla fusione del metallo si ottiene al massimo buon

Digitized by Google

prezzo dal minatore. La stessa coincidenza, benchè in minori proporzioni, si avvera nel Belgio, e nei distretti carboniferi presso St. Etienne, in Francia.

Tra gli altri metalli, osserveremo in generale che il manganese, come il ferro, trovasi tra le rocce di più antica formazione. Lo stagno, il molibdeno, il tungsteno, il titanio, il cesio, l'uranio, il cromo ed il bismuto, si trovano quasi esclusivamente in vene, che attraversano le più basse rocce cristalline. L' arsenico, il cobalto, l'argento, il nichelio, il rame, giacciono in quelle rocce medesime, non che nei più alti strati della stessa serie. L'oro, il tellurio e l'antimonio, nei terreni superiori metamorfici cristallini, e nei secondari e siluriani più antichi. Nelle formazioni secondarie stanno il piombo, lo zinco ed il mercurio. Il platino non è stato finora (se ne eccettuiamo pochi casi) rinvenuto nella matrice *in situ*, ma (come pure avviene spesso dell'oro) disperso in sabbie e nelle terre alluvionali.

Per lo più, i metalli trovansi in vene o filoni, crepacci o fossure nelle rocce, delle quali abbiamo dato una idea nella tavola I^ma^ a pag. 141. Sebbene queste vene mantengano una direzione generale, sono raramente in linea retta, ma sieguono la forma di zig-zag, non deviando d'ordinario dalla perpendicolare più di 45°, ed estendendosi a profondità immensurabili. Tutti gli studi più accurati dei fisici, dei chimici e dei geologi tendono oggimai ad accertarci che nella formazione dei filoni contribuì l'azione della elettricità, la quale se non fu il solo agente, e se con lei concorsero le affinità ed il calorico, ha per lo meno cooperato essenzialmente a riempiere le vene metalliche.

L'oro trovasi, ma in tenui quantità, in quasi tutti i paesi. L'Europa (non compresa la Russia, di cui diremo or ora) non versa sul mercato mondiale, che una piccola porzione dell'oro posto in circolazione. L'Austria è, per le sue miniere di Schemnitz, lo Stato europeo più ricco per questo rispetto; e nondimeno essa non dà che 2,000 chilogrammi all'anno. La Svezia, la Spagna, il Piemonte, la Valacchia e la Moldavia forniscono il rima-

nente, che, per tutta l'Europa, non eccede i 2,210 chilogrammi all'anno, del valore di circa L. 7,293,000.

Il governo russo scoperse vaste alluvioni aurifere nei monti Urali nel 1814. Nel 1833 ne trovò nella boreale Siberia; indi nei monti Altai; poscia nel Caucaso, talchè oggidì l'estrazione dell'oro stendesi, in Russia, sopra una immensa linea, lunga più di 5,000 chilometri. I depositi Uralici rendono circa 5,500 chilogrammi di puro oro all'anno; quelli della Siberia e dell'Altai, ben 15,000 chilogrammi. Il prodotto totale, che dal 1745 al 1826 non era stato che di 41,972 chilogrammi, ossia di 524 chilogrammi per anno medio, fu nell'anno 1826 di 3,875 chilogrammi; nel 1847, di 27,862 chilogrammi, e s'accrebbe ancora negli anni successivi.

L'Asia, oltre alla regione Siberiana, produce molt'oro. Calcolasi a 7,000 chilogrammi quello che dànno annualmente il Tibeto e l'India. La Cina ed il Giappone ne possiedono in copia, ma troppo poco ne sappiamo, per dar qui cifre precise. L'arcipelago della Sonda non dà meno di 20,000 chilogrammi d'oro all'anno.

L'Africa possiede numerosi terreni auriferi. Fin dai tempi di Salomone, intere flotte erano spedite da questo monarca sulle coste di Sofala e Monomotapa (la famosa terra di *Ofir*), in cerca del prezioso metallo. Il Cordofan ed il Bambuk danno polveri d'oro, che i Negri trasportano alla costa entro tubi di penne di struzzo e di avvoltoio, scambiandole coi prodotti d'Europa. Le ipotesi più verosimili portano a 12 milioni di franchi il valore dell'oro che il commercio dei popoli civili estrae ogni anno dall'Africa.

L'America dava, nel 1848, 15,215 chilogrammi (ossia 49,219,500 lire) d'oro, estratto dal Brasile, dal Perù e dal Messico. Ma la scoperta dei terreni auriferi di California aumentò notevolmente, da quell'anno in poi la produzione aurifera del Nuovo-Mondo. In un decennio, le alluvioni californiane non diedero meno di otto o novecentomila chilogrammi d'oro.

L'Australia cominciò nel 1851, per le miniere scoperte dal fortunato Hargreaves, a rivaleggiare con la California; e dalla costi-

tuzione geologica di quel paese, evvi ragione per indurre che tutta la catena Australasica sia copiosamente aurifera.

Più abbondante dell' oro è sul nostro pianeta l' argento. In Europa, le più produttive miniere di questo metallo sono in Ungheria; ricche son pure lo montagne dell' Erzgebirge in Germania e quelle di Cristiania in Isvezia. Trovasi ancora l' argento in Sassonia, in Transilvania ed in Austria. Ma nessuna parte dell' antico continente è più copiosamente fornita di questo prezioso metallo dei monti Urali e degli Altai, segnatamente nel distretto di Kolyvan. Sonvi miniere di argento in Armenia, in Anatolia, nel Tibeto, nella Cina, nella Concincina e nel Giappone.

Ma immensa, sterminata è la ricchezza d' argento del Nuovo Continente, per cui Humboldt diceva che le Ande riposano su fondamenta d' argento. Il Chili, il Perù, il Messico sono, per questo riguardo, i paesi più privilegiati del mondo.

Ecco, del resto, le medie quantità d'argento annualmente prodotte dalle varie parti del mondo

America	704,000	chilogr.	L.	155,882,000
Europa (senza la Russia)	150,000	id.	»	33,333,000
Russia	24,000	id.	»	5,333,000
Altre parti del globo .	100,000	id.	»	22,222,000
Totali . . .	975,000	chilogr.	L.	216,770,000

Copiosamente sparso sulla superficie del pianeta è il rame. L'Inghilterra (che ne ha nella Cornovaglia le più ricche miniere del mondo) ne trae dal proprio suolo 16,000 tonnellate all' anno. La Francia, la Germania, la Svezia, la Spagna, la Russia ne hanno pure in copia. Cuba, nella parte occidentale, il Messico, gli Stati-Uniti, l' Australia, la Persia, l' India, sono i paesi extraeuropei più ricchi di questo metallo.

Meno diffusi sono i minerali di stagno. Anche in questo l' Inghilterra ha il primato; la Gallizia, l' Erzgebirge, la Sassonia, la Boemia, la Malesia, le isole di Banca e la Cina somministrano all' industria ed al commercio le quantità più notevoli di stagno.

Il piombo è, per la sua durata e per la sua malleabilità, uno dei più utili metalli. Sovente esso contiene anche argento. Immensa è la quantità che ne producono le isole britanniche. Ne danno altresì la Francia, la Germania, la Sardegna e sovratutto la Spagna.

I minerali di zinco, la calamina e la blenda, abbondano nel Belgio, nelle provincie renane, nella Slesia, nella provincia di Yun-nan in Cina, e nella Malesia.

Il mercurio, metallo tanto importante per separare l'argento dalle materie, e per tante utili applicazioni, alle quali è commisto, ha le sue più celebri miniere europeo a Almaden in Ispagna, e ad Idria in Illiria. La China e il Giappone in Asia, la California in America, ne forniscono pure in gran copia.

Fino al 1748, epoca in cui Bergmann dimostrò che il platino era un corpo semplice e non un composto (come credevasi) d'altri metalli, esso rimase sconosciuto in Europa nella sua vera individualità. Proviene quasi in totalità dalle miniere dell'Ural e della Siberia. Ma se ne trova pure in minore quantità nel Brasile e nell'isola di S. Domingo.

Il bismuto, che entra in molte leghe e riceve varie applicazioni industriali e medicinali, trovasi in varie parti di Germania, Svezia e Francia.

L'antimonio è in Sassonia e nell'Hartz, nella Cornovaglia, in Spagna, in Francia, nel Messico, in Siberia, nell'isola di Borneo; esso serve, in lega collo stagno, a fabbricare un gran numero di utensili; è sovratutto impiegato nella composizione dei caratteri tipografici; ed i suoi sali hanno molte applicazioni in medicina.

L'alluminio, la cui scoperta non aveva, sino a questi ultimi anni, che un mero interesse scientifico, è entrato oggimai nel fecondo campo dell'industria. Esso è molto diffuso nella natura, essendo una delle parti costituenti dell'argilla.

Tra le sostanze minerali più utili all'uomo, tre ancora, ne accenneremo: il sale, lo zolfo, ed il carbon fossile. Oltre a quello che l'uomo estrae dal mare, immensi depositi di sal gemma esistono nelle montagne: inesauribili sembrano quelli che l'Inghilterra

possiede nella contea di Chester; più grandi ancora son quelli che trovansi sovr' ambo i lati dei Monti Carpazi. Molti ne hanno puro l' Austria, la Gallizia, la Spagna. Dei laghi salati dell' Armenia, della Siria, del Punjab, della Cina o di altri paesi asiatici, abbiamo a lungo discorso nella leziono consacrata all' Idrografia.

Lo zolfo è, in entrambi i continenti, somministrato dai terreni vulcanici. La Sicilia è il grande emporio che somministra questa importante sostanza a quasi tutti i paesi d' Europa. Nei terreni vulcanici, assieme allo zolfo, raccolgonsi spesso ancora l' asfalto, il nitro, la nafta, il petrolio.

Fortnnatamente pel genere umano, il carbon fossile è molto abbondantemente distribuito nel mondo, benchè limitato a qnelle regioni dovo gli strati dell' epoca carbonifera giacciono alla superficie od almeno a profondità accessibili. I letti di carbone sono grandi depressioni concave di qnesti strati. Essi sono d' immensa abbondanza nella Gran-Bretagna, e specialmente nel Northumberland, nel Dnrham, nell'Yorkshire, nello Straffordshire, nel Galles, in Irlanda ecc. La quantità di carbone annualmento estratto dalle miniere inglesi, supera i 66,000,000 di tonnellate!

Sul continente d' Europa, incontrasi il carbone minerale nel Belgio, distretto di Liege; in Francia, presso Vienna sul Rodano. Ma il mezzogiorno d' Enropa è, generalmente parlando, destituito di così utile sostanza. Rara ella è pure in Russia. — Il più vasto deposito di carbon fossilo conosciuto, è qnello degli Stati-Uniti d'America. Si estima che lo Stato di Pensilvania consista, per un terzo della sua area, di campi di carbone, che si ostendono sovra 60,000 miglia geografiche qnadrate! Nell' Illinese, nell' Indiana o nel Kentucky un altro deposito è grande quanto l' intera Inghilterra. Il Michigan, il Nuovo Brunswich, la Nuova Scozia, l' isola di Vancouver, appartenenti all' America Inglese, contengono carbone in gran copia. Le Ande Peruviane ed il Brasile ne hanno pure in discreta abbondanza. — Trovasi il carbon fossile in un gran numoro di altri paesi, e specialmente in Asia Minore, a Borneo,

Digitized by Google

nell' isola di Formosa, nella Tasmania, nella Nuova-Zelanda, nell' India ecc.

Un cenno ancora sulla distribuzione geografica delle pietre preziose, la cui limitatissima diffusione è la base economica del loro alto valore. — Il diamante, il quale altro non è che puro carbonio, trovasi pressochè esclusivamente nei detriti e nei sedimenti alluvionali. Esso non si raccoglie che in alcune determinate regioni, le principali fra le quali sono i terreni stendentisi tra Golconda e Masulipatam in India; in Visapora, a Mallipulli, nella penisola di Malacca; a Borneo, dove il più grosso fra i conosciuti diamanti (367 carati = 1130 grani) fu scoperto; nel Brasile, distretto di Cerro do Frio, sui due lati della Sierra Espenhaco e negli affluenti del fiume S. Francisco. Anche i monti Urali sono diamantiferi, specialmente nel ricco distretto minerario, presso Beresovsk.

Lo zaffiro, il rubino e lo spinello trovansi principalmente nell'isola di Ceylan, nei letti dei fiumi; a Gharan, sul margine del fiume Oxo; nelle montagne Capellan presso Sirian, nel Pegù. Trovaronsi pure zaffiri presso Billin e Merowitz, in Boemia; non lungi da Expailly, in Francia; a Brendola, nel Vicentino; e sul San Gottardo. Non infrequente è lo spinello nel Brasile, dove abbonda pure il topazio. I più bei smeraldi provengono da vene di schisto azzurro, dell' epoca dei nostri strati inferiori gessosi, nella Nuova Granata, nell' Egitto superiore, nella valle di Tunca in Santa Fede. Il berillo è purissimo ed abbondante a Nertchinsk, in Persia, a Limoges in Francia; trovasi pure nel Perù, nel Brasile, in Sassonia, nell'isola d' Elba ed in Irlanda.

Il Messico, l' Ungheria e la Boemia forniscono le più belle opale, e le granate. La turchese è una gemma persiana, la cui più splendida varietà supponesi che sia lo smalto del dente di un mastodonte fossile. Il lapislazzuli giace nel Tibeto, nel Beloot-Tagh, nel Badakshan, nell' Indu-ko ed in Siberia.

L' asteria è gemma speciale di Ceilan. Dal Brasile e dalla Siberia viene l' amatista; l' agata, dal Tibeto e dal Gran Gobi.

Digitized by Google

Tali sono, o Signori, le principali sostanze minerali che, Natura, servendosi de' suoi ministri invisibili, le azioni chimiche e l' elettricità, ha preparato, per gli usi e per l' industria dell' uomo. L' apparente tranquillità, che regna sulla superficie della Terra, nasconde a noi il quieto e continuo lavorio, che quelle mirabili forze vanno operando nelle profonde viscere del nostro pianeta, per riempiere di vari metalli i filoni, e per combinare gli atomi più minuti della materia in cristalline, innumerevoli forme d'inimitabile grazia e leggiadria, molte delle quali vengono dalla industre mano dell'uomo raccolte, per andar poi ad ornare la opulenta vanità o ad accrescere splendore e seduzioni alla femminile bellezza; ma più numerose assai sono quelle, che rimangono e resteranno per sempre inaccesse e sconosciute, ed alle quali possiamo applicare il grazioso verso del poeta Gray

Many a flower is born, to blush unseen.

LEZIONE XXIX.

Geografia Botanica
Distribuzione Geografica delle piante

—

SOMMARIO.

Transizione dalla Vita inorganica alla Vita organica. — La Geografia botanica. — Le piante sociali. — Distribuzione delle piante in latitudine (linee isotermiche, isoteriche ed isochimeniche). — Distribuzione dei vegetali in altitudine. — Leggi della geografia botanica. — Le regioni botaniche, in generale. — Le regioni botaniche dell' Europa, in ispecie. — La vegetazione tropicale. — I giganti della vegetazione. — Distribuzione delle piante coltivate. — Limiti dei Cereali e della Vite ecc.

I.

Signori,

L' attenzione vostra mi ha seguito, benevola e perseverante, nella esposizione, che ho procurato di farvi sin qui, del circolo intero della vita inorganica del globo terrestre, mentre io vi delineava la forma esterna del nostro pianeta, la storia geologica della sua formazione, i fenomeni che presentano i suoi Oceani, le leggi molteplici e svariate, eppure governate da una possente unità, che dominano i complicati movimenti della sua atmosfera, la sua tensione elettromagnetica, le sne meteore luminose e le sonore, le relazioni che le pioggie di pietre meteoriche stabiliscono fra la Terra ed il mondo extraplanetario, la riazione delle parti interiori verso la faccia

dello sferoide terrestre, la descrizione delle forme orografiche e dei bacini idrografici, che ne solcano e ne svariano infinitamente l'aspetto, la ripartizione degli elementi minerali nelle varie sue parti contenuti.

Ma il quadro, che siamo venuti per siffatta guisa tracciando, sarebbe cosa morta, se, dimenticando di darvi l'ultima mano, noi lasciassimo in disparte la *Natura organica*, che al quadro stesso dà anima, luce e colore.

Io non vorrei però che, seguendo un volgare pregiudizio, voi credeste, o Signori, che tra la Natura organica e la inorganica, tra il Regno minerale ed il Regno della vita s'interponga un baratro non valicabile, e corra un'assoluta linea di separazione. Questa linea ricisa, questa soluzione di continuità realmente non esiste, ed è pur sempre vera la gran legge: *Nil per saltum!* Il liquido che scorgete in questa fiala, trasparente come acqua, è una soluzione di nitrato di argento, cioè un composto di acido nitrico e di argento. Facendo passare una corrente elettrica attraverso a questo liquido, l'argento può venir separato dall'acido. Ma, nell'operare questo suo divorzio, il metallo va depositandosi sopra uno dei due fili della pila. Voi vedete nascere allora e svilupparsi, attorno a questo filo, un magnifico albero d'argento. I rami si dividono, si cuoprono di folto fogliame. Quest'albero metallico ha raggiunto il suo completo sviluppo a capo di un minuto, e sembra ne' suoi particolari così perfetto come può esserlo un vero vegetale. Le molecole sono venute ad unirsi alle molecole; gli atomi hanno (come elegantemente disse il poeta americano Emerson) *camminato in cadenza*, a formare la stupenda struttura delle ramificazioni cristalline, che quivi scorgete. Questa maravigliosa *potenza strutturale* esiste nelle soluzioni liquide, che non hanno pur tuttavia alcuna forma; esiste in ogni goccia di acqua; ma quivi ella è allo stato latente, neutralizzata solo da un *ostacolo*. Togliete l'ostacolo (e noi lo abbiam tolto appunto con quel formidabile agente di analisi, che è la corrente elettrica) e tosto vedete il moto manifestarsi, gli atomi accorrere obbedienti

e quasi frettolosi al loro posto, le azioni molecolari sorgere irresistibili ad animare la materia. Tra queste azioni così semplici e le così complicate della vita, esiste certo una differenza; ma non esiste punto l'abisso immaginato dalle antiche scuole: qui non c'è la sognata *antitesi tra moto ed inerzia,* ma vi è soltanto *differenza fra due moti.*

Al nitrato di argento io sostituisco ora l'acetato di piombo, formato di acido acetico e di piombo. La grande dissolutrice, la corrente voltaica, opera qui pure la separazione del metallo dall'acido; e noi scorgiamo tosto formarsi, più lentamente, un albero di piombo, che riveste la squisita, elegante forma di una felce. Queste esperienze chiariscono, come gli elementi tutti della materia sul nostro globo, quelli eziandio della *materia* che chiamasi così impropriamente *bruta,* quando sono posti in condizione da potere liberamente obbedire alle forze onde sono dotati, quando sono scomparsi o vinti gli ostacoli che li inceppavano e li tenevano divisi, si muovono, si aggruppano, sotto l'influenza di quelle forze medesime, per assumere configurazioni, che rivaleggiano in sovrana bellezza con le più belle del mondo vegetale.

Ed il mondo vegetale stesso (chiederemo or qui, coll'illustre Prof. Tyndall) che è egli mai, se non l'effetto delle complesse azioni di analoghe *forze molecolari?* Qui, come dovunque in tutta la Natura, se la materia si muove, egli è perchè una forza la pone in movimento; e se il movimento è armonico, *se produce una struttura,* ciò avviene in virtù del modo speciale di azione delle forze che possiedono gli atomi e le molecole, le cui combinazioni formano la struttura. Questi atomi e queste molecole rassomigliano a piccoli aghi magnetici, aventi i loro poli attrattivi e repulsivi. I poli che si attraggono, si uniscono; i poli che si respingono, si fuggono; e le forme vegetali sono l'ultima espressione di questo complicato lavorio delle forze molecolari. Nella formazione dei nostri alberi d'argento e di piombo, noi avevamo d'uopo di un agente, per separare i metalli dagli acidi, coi quali erano combinati. Ma la Natura pone in opera un agente simile

nel suo mondo vegetale. Questo agente è il Sole, i cui raggi hanno il potere di strappare il carbonio e l'idrogeno alle strette dell'ossigeno e di fissarli sulle piante. — Così l'Universo ci apparisce un tutto uno e continuo, una immensa catena, i cui anelli sono tutti gli uni agli altri congiunti, un sistema in cui la vita circola senza posa, si trasforma, ma non cessa e non s'interrompe giammai.

Se però ponendo mento a queste considerazioni, è sopramodo difficile ed anzi, nello stato attuale delle cognizioni nostre, impossibile di fissare esattamente e ricisamente *il limite dove finisce la materia inerte e dove la vita incomincia*, se il filosofo, il quale anzichè alle preconcette idee della scuola e della tradizione, vuol fare omaggio alla pura verità, memore della grande scoperta di Roberto Brown, degli arcani *movimenti molecolari* che animano qualunque materia, purchè ridotta in uno stato di estrema divisione, non può rigorosamente tracciare il confine che separa la natura mineralo dalla natura organica, certo è però che, considerata nei suoi più caratteristici fenomeni, quest'ultima costituisce un regno a parte, e s'impone, con una non discutibile individualità, all'attenzione di chi aspira a disegnare in sintetico quadro le grandi linee della Fisica del Globo.

E dei due vasti scompartimenti, nei quali l'impero della Vita si divide, quello della vegetazione è incontrastabilmente il primo che si presenta alla osservazione del geografo. La vita animale (l'osservazione è, credo, di Alessandro Humboldt) nonostante la sua varietà e la sua attitudine a far nascere in noi sentimenti di simpatia e di repulsione, offre però un aspetto troppo mobile e troppo difficile ad essere immediatamente percepito, per poter influire possentemente sulla fisonomia di una contrada: essa rimane quasi straniera al paese in cui vive. Ma la forma dei vegetali, la loro relativa grandezza, la figura delle foglie e dei fiori imprimono ad ogni regione il carattere speciale che la distingue.

La gloria di aver dato il primo impulso a questa parte della scienza della terra, e creato la *Geografia delle piante*, spetta in-

Digitized by Google

dubbiamente al filosofo insigne che or ora ho citato, e che è ad un tempo il creatore della teoria delle linee di eguale calore annuo, estivo ed invernale, con la quale la geografia botanica ha le più intime correlazioni, e che noi abbiamo diffusamente esposta nella XII.ª nostra Lezione.

II.

La Geografia delle piante considera i vegetali sotto i rapporti della loro distribuzione sulla superficie del globo e della loro associazione locale nei diversi climi. Vasta come l'oggetto che ha di mira, questa scienza ritrae a grandi linee l'immensa estensione che occupa la vita vegetativa, dalla regione delle nevi perpetue, fino al fondo dell'Oceano, e persino nelle interne parti del globo, ove crescono, in oscure grotte, piante crittogame, così poco note come gli insetti che di esse si nutricano.

I vegetali sono dalla geografia botanica classificati secondo le zone e le altitudini, nelle quali si trovano, e quindi secondo i gradi di temperatura, di pressione barometrica, di umidità e di tensione elettrica, sotto i quali vivono. Essa li studia inoltre sotto un altro rapporto, distinguendone due classi, aventi un modo di vivere e, quasi direi, un *carattere* fra loro assai differente.

Gli uni crescono *solitari e sparsi:* tali sono in Europa il *solanum dulcamara*, il *lychnis divica*, il *polygonum bistorta*, l'*anthericum liliago*, il *cratægus aria*, il *weissia paludosa*, il *polytrichum piliferum*, il *fucus saccharinus*, ed altri. Vi hanno, per contro, *piante riunite in società* come le api e le formiche, le quali coprono immensi spazi di terreno, dai quali nella lotta della vita (*struggle for life* di Darwin) escludono tutte le altre specie eterogenee: tali sono la *fragaria vesca*, il *vaccinium myrtillus*, il *polygonum aviculare*, il *cyperus fuscus*, l'*aria canescens*, il *pinus sylvestris*, il *sesuvium portulacastrum*, la *rhizophora mangle* ed altre. Queste piante *associate* sono più comuni nelle zone tem-

perate, che sotto i tropici, la cui vegetazione, meno uniforme, è perciò stesso più pittoresca. Dalle rive dell'Orenoco, fino a quelle dell'Amazzone e dell'Ucayale, sovra una estensione di più che cinquecento leghe, tutta la superficie del suolo è coperta da dense foreste; e se i fiumi non ne interrompessero ad ora ad ora la continuità, le scimmie, che sono quasi i soli abitanti di quelle vaste solitudini, potrebbero, slanciandosi di ramo in ramo, trasportarsi dall'emisfero boreale all'emisfero australe. Ma quelle immense selve non offrono già l'uniforme, monotono spettacolo delle piante sociali: ogni loro parte produce vegetali di forme differenti. Qui trovansi le mimose, le psicotrie e le melastome; là i lauri, le cesalpinie, i fichi, le carolinee e le evee, i cui rami si intersecano ed allacciano; nessun vegetale esercita quivi sugli altri il proprio esclusivo impero.

Le piante traggono dalla terra e, più, dall'atmosfera, l'alimento e le condizioni generali di vita. Tutte le piante hanno una patria; ma, mentre questa è, per le une, estesissima, e mentre talune possono, oltre alla patria loro originaria, vivere e prosperare in una patria per così dire di elezione, mercè dell'acclimazione, altre invece ve ne sono, che sussistono solo in limitati distretti e che, trasportate altrove, o periscono, o rifiutano di produr seme. La *Disa grandiflora*, per esempio, trovasi esclusivamente sulla sommità della Montagna della Tavola al Capo di Buona Speranza, e nessuno è riuscito mai a farla crescere altrove. Il *Cocco-di-Mare (Lodoicea Seychellarum)* trovasi quasi unicamente nelle isole Seychelles; e benchè cresca anche nella vicina Maurizio, non vi diede mai frutto. Questi casi, assai rari per vero dire, non sono che l'espressione estrema di una legge generale, che riparte le famiglie ed i generi e le specie vegetali in più o meno ampie regioni, nelle quali soltanto trovansi indigene nella pienezza del loro svolgimento, comechè poi siano, per la più parte, suscettibili di fiorire e propagarsi anche altrove, se artificialmente introdottevi. Molti esempi si hanno di piante, così appunto trasferite in nuovi climi ed in nuovi terreni, ai quali non solamente si accomoda-

rono, ma vi prosperarono con singolare esuberanza; — quasichè il loro antico e pristino paese fosse in qualche arcana guisa esausto del peculiare loro pascolo, ed avessero quelle avuto bisogno di ritemprarsi a novelle e più ricche scaturigini di vita. Così l'*Anacharis alsinastrum*, pianta acquatica americana, piccola e meschina ne' suoi nativi terreni, introdotta in Inghilterra, vi assunse straordinario incremento, fino a segno, da divenire un grave ostacolo alle domestiche colture.

III.

Se di presente, con la scorta di questi principi, noi esaminiamo dapprima la distribuzione delle piante nel senso delle latitudini, troviamo che, a misura che si va dai poli verso l'equatore, la flora aumenta in numero di specie, in varietà e bellezza di forme, in grandezza di individui. Questa legge ci addita chiaramente come la potenza della vegetazione delle varie zone sia, in generale, in ragione diretta del calore e della luce, di cui essa vi gode. « Man mano che ci allontaniamo dalle regioni intertropicali (dice il Prof. Omboni) troviamo che il calore diminuisce, la luce solare diviene sempre più obliqua e, per conseguenza, meno viva, e l'umidità atmosferica soffre un analogo decrescimento: che, insomma, diminuiscono gradatamente d'intensità tutte le cause, che eccitano la vegetazione, e che questa, per conseguenza, va sempre decrescendo nella stessa proporzione, sì pel numero, come per la grandezza e lo sviluppo delle specie ».

Ben inteso che, quando qui si parla della latitudine, s'intende di accennare ad una causa *costante*, che è poi influenzata, a volta sua, da tutte quelle cagioni *variabili*, che determinano, in una con le inflessioni delle linee isotermiche, l'*abitazione* delle varie specie vegetali, cause variabili, dico, che furono da me passate in rassegna nella XII^a Lezione di questo Corso, quando appunto io veniva esponendo le leggi della distribuzione del calore sulla terrestre

superficie. Vi hanno, infatti, contrade che, a stregna di latitudine, aver dovrebbero un clima più freddo ed una vegetazione, per conseguenza, più povera e più rattratta, di quella che è propria delle più meridionali contrade; ma le prime debbono talvolta a certe peculiarità fisiche e geografiche un raddolcimento della loro annuale temperatura, epperò una flora più ricca e più rigogliosa di quella delle ultime, benchè queste siano men lontane dall'equatore. Così, per esempio, la penisola di Cornovaglia in Inghilterra, grazie alla tepente influenza del *Gulf-Stream* ed al clima insulare di quella contrada, possiede vegetali di un ordine più meridionale di quello, a cui appartengono le piante del centro della Francia e della Germania.

Nè, per valutare in tutta la sua pienezza il coefficiente d'influenza del calore, basta già tener conto soltanto delle linee isotermiche, ma fa d'uopo consultare ancora le isoteriche e le isochimeniche. Infatti, molte piante che possono crescere e svilupparsi completamente in un paese, in cui una data quantità di calore è equabilmente distribuita in parecchi mesi estivi, non potrebbero più vivere in un altro, in cui questa stessa quantità di calore fosse concentrata in un minor numero di mesi estivi, quantunque molto più caldi; giacchè quella breve durata del calore non basterebbe a tutte le fasi del loro sviluppo, quantunque ambidue i paesi avessero poi la stessa *media temperatura annuale.*

Ho già accennato poco sopra, non che a pag. 468 e seguenti, quanto sia grande l'importanza della luce nei fenomeni della vegetazione e nella sua distribuzione geografica. Non è soltanto passando dalle regioni tropicali, dove i raggi luminosi arrivano quasi verticali sul suolo e vi piovono a torrenti per lunghe ore, alle terre polari, dove estrema è la loro obliquità, che ci è dato avvederci di questa influenza; ma noi la osserviamo a manifesti segni eziandio percorrendo una non vasta zona, ma divisa in aperte valli ed in anguste gole, le quali ultime ci presentano sempre, al paragone delle prime, una flora assai più povera e più stentata.

Lo stesso dicasi dello stato igrometrico dell'atmosfera. In generale, la vegetazione è in ragione diretta della umidità dell'aria; e, per una legge di riazione e di mutuo ricambio, che già mi occorse di accennare più volte nel presente mio Corso, una poderosa vegetazione tende, a sua volta, a mantenero più umida l'aria e ad aumentare la quantità delle precipitazioni dei vapori. *(V. Lez. XVIII.ª, a pag. 379 e seguenti).*

La natura del suolo esercita anch'essa (e chi nol sa?) una grande influenza sopra i fenomeni della vegetazione. Vi hanno piante (come il bosso, la tussilagine, il fieno sano) che preferiscono i terreni calcarei; mentre altre si sviluppano meglio negli argillosi, ed altre in altri terreni. Sebbene una certa scuola di agronomi abbia forse esagerato alquanto l'effiracia della composizione chimica delle terre sulla distribuzione *qualitativa* delle piante, egli è indubitato però che è questo un fattore di grande importanza. Come è fuor di dubbio, del pari, che lo stato fisico e le condizioni di aggregazione meccanica del suolo, sono elementi di notevole influsso; e che là dovo il terreno vegetale ha molto spessore, ed è, al tempo stesso, ben permeabile alla umidità ed all'azione dell'atmosfera, le specie più grandi e più numeroso si sviluppano più agevolmente che altrove.

Dacchè la media temperatura della superficie del suolo e dell'aria ambiente varia non solamonte con la latitudino, ma eziandio con l'altitudine al di sopra del mare, indi è che gli stessi limiti di temperatura che circoscrivono la dimora di una pianta in una definita zona di latitudine, o, meglio ancora, in un dato intervallo compreso tra due linee isotermiche, esistono egualmente ed agiscono nel modo medesimo nelle differenti altezze di una catena di montagne o di un altipiano. Così, per esempio, il Tournefort trovò alle falde del monte Ararat i vegetali propri dell'Armenia; alla metà della pendice, quelli dell'Italia e della Francia; alla vetta, quelli della Scandinavia. Ed il Gaudin, nella sua *Flora Helvetica*, osserva che, in Isvizzera, esistono molte piante le quali vivono sulle coste dell'Oceano glaciale artico. Forster vide

parecchi vegetali delle Alpi sulle montagne della Terra del Fuoco. Il viaggiatore che abbandona le pianure dell'America Meridionale, dirigendosi verso la Cordigliera delle Ande, trova le valli di questa catena ornate di palmizi e di banane; in una più elevata stazione le querce, i pini, gli abeti del Nord dell'Europa; indi, più piccole piante arborescenti; più in su, magri licheni; finchè la vita cessa affatto, per cedere il luogo alle gelide solitudini delle perpetue nevi.

Il nome di *Stazioni*, di cui abbiamo fatto uso or ora, è stato dato alle località così differenti per tutte le mentovate circostanze, da essere abitato, in gran parte, da specie loro proprie. Si distinguono in tal modo la stazione delle piante *marine*, che crescono nel mare; quella delle *marittime*, che vivono sulle spiaggie; le *fluviali*, le *lacustri*, le *palustri;* quelle delle *praterie* e dei *pascoli*; quelle delle *foreste*, ecc. ecc.

Fra le cause che influiscono a modificare la distribuzione geografica delle piante, non vogliono essere dimenticati i *mezzi di trasporto*, così naturali come artificiali. Le acque correnti traslocano sovente a grandi distanze le piante, che abitano lungo le loro sponde. Allo stesso fenomeno contribuiscono le correnti marine e le atmosferiche. Le spore delle crittogame sono, in generale, così leggere, che si lasciano trasportare dai venti, e vanno a fissarsi al suolo, dopo aver viaggiato talvolta attraverso ai continenti ed ai mari. Gli animali, e sovratutto gli uccelli, servono anch'essi di veicoli a questa vegetazione, che appellar possiamo *erratica;* giacchè non di rado i semi da essoloro ingeriti passano intatti nel loro tubo digestivo od, abbandonati poscia con le loro feci, cadono sul suolo in circostanze favorevoli, per germinare a grandi distanze dalla loro patria nativa.

Ma di tutti i mezzi di trasporto, il più efficace è l'Uomo, le cui migrazioni sono sovente accompagnate da quelle di molte specie vegetali. Humboldt racconta coi soliti splendori del suo impareggiabile linguaggio, nel suo *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent*, di aver potuto vedere il rozzo vaso

in cui uno dei primi Europei, immigrativi già nel secolo XVI, portò i primi grani di frumento in quel Continente; e veramente poche reliquie potrebbero rivaleggiare con questa, per importanza e per dignità. Il grano turco e la patata vennero, com'è noto, portati dal Nuovo all'Antico Continente; ed il Maury, nella sua elementare *Geografia fisica*, ha ben ragione di attribuire all'indigenato del mais una grande influenza sulla rapidità, con la quale l'industria, la popolazione e l'incivilimento hanno potuto diffondersi nell'America settentrionale. Nè l'uomo porta soltanto le specie vegetali utili, dai paesi d'onde emigra a quelli ove cerca una nuova patria; ma egli è talvolta seguito da altre piante, per così dire, contro la sua volontà; e se elle trovano, nel luogo ove arrivano, condizioni favorevoli, vi si sviluppano con estrema abbondanza. Egli è così che il fico d'India e l'agave americana, originarie specie del Nuovo Mondo, sonosi sparse sulle coste dell'Italia, della Sicilia, della Spagna e della Grecia; e che l'*Erigeron canadense*, benchè proprio del Canadà, si è ormai cotanto diffuso in Europa, da divenirne una delle male erbe più comuni.

IV.

I botanici ed i naturalisti, non limitandosi a questo generali considerazioni, vollero andare più in là; e, tenendo conto dei dati e delle osservazioni raccolte nelle varie parti del globo, tentarono di valutare, per tutte le famiglie del regno vegetale, la distribuzione numerica di tutte le loro specie nelle diverse regioni. Questo è l'interessantissimo studio che dal suo creatore, Humboldt, ebbe nome di *Aritmetica botanica*.

Riassumeremo ora qui alcuni dei più notevoli suoi risultamenti.

Il numero totale delle specie vegetali conosciute è, secondo il dottor Balfour, di 120,000; ma quelle attualmente descritte non eccedono la cifra di 96,000, delle quali 15,000 *acotiledoni*, privo cioè di cotiledoni, organi speciali nei quali si contengono i germi;

14,000 *monocotiledoni*, ossia fornite di un solo lobo seminale: 76,000 *dicotiledoni*, che ne possiedono due. La distribuzione di queste tre grandi classi di vegetali è estremamente ineguale nelle diverse parti del globo.

Abbiamo già notato di sopra che il numero totale delle specie è incomparabilmente più grande nelle contrade vicine all'equatore, che in quelle più prossime ai poli.

Tuttavia, il numero delle piante acotiledoni, togliendo però da esse la svariatissima famiglia delle felci, è proporzionalmente maggiore nelle terre boreali, che nelle altre, e può stabilirsi la legge che — *il numero proporzionale delle piante acotiledoni va diminuendo dai poli verso l'equatore.* — Del pari, sulle montagne trovasi la stessa proporzione decrescente, a misura che si discende a valle.

Se si osserva la proporzione tra le piante monocotiledoni e le dicotiledoni, si arriva ad un'altra legge, analoga alla prima, ma meno costante e meno assolutamente determinata: che cioè le *monocotiledoni sono più numerose verso i poli, anzichè nelle regioni tropicali.* — Quando però, seguendo l'esempio di autorevoli botanici, si uniscano alle monocotiledoni anche le felci, questa proporzione diventa molto meno ricisa, giacchè le felci *sono molto più abbondanti in vicinanza dell'equatore.* Ottiensi allora una equazione quasi perfetta in tutte le parti del globo; sicchè — *le monocotiledoni e le felci, unite insieme, formano dovunque circa la sesta parte del numero totale dei vegetali.*

Una terza legge è da aggiungersi alle precedenti, in virtù della quale *la proporzione delle piante dicotiledoni va crescendo dai poli verso l'equatore.* Nella flora dei paesi intertropicali, il numero delle piante dicotiledoni è sempre maggiore della somma delle monocotiledoni e delle acotiledoni.

Non meno generale è una quarta legge, mercè della quale *il numero degli alberi, paragonato a quello delle piante erbacee, cresce procedendo dai poli verso l'equatore.* Così mentre in Laponia, il numero degli alberi non forma che circa la 100.ma parte di

tutta la vegetazione, in Francia ne è già la 80.ma parte, nella Guiana la 5.a parte.

Una quinta legge si è che *i giganti della natura vegetale sono propri di una regione intermedia alle equatoriali ed alle polari, ma più prossima alle prime, che alle seconde.* — Il *Baobab* africano (*Adansonia digitata*) può giustamente, col Dott. Hartwig, chiamarsi l'elefante del mondo vegetabile. Presso il villaggio Gumer, nel Fassokl, Russegger vide un baobab avente 30 piedi circa di diametro e 96 piedi di circonferenza; i rami, diretti orizzontalmente, erano così spaziosi, che i Negri vi poteano comodamente dormire sopra. Il viaggiatore veneziano Cadamosto, di cui ho parlato nella mia storica Introduzione, trovò nel 1454, presso alle foci del Senegal, vari boababi, misuranti più di 100 piedi di circonferenza. Siccome quei giganteschi alberi sono generalmente vuoti, come i nostri vecchi castagni, indi è che essi vengono frequentemente adoperati a mò di abitazione o di stalla; ed il dott. Livingstone uno ne ricorda, in cui venti o trenta uomini potevano giacere e dormire comodamente, come in una casa. Nel villaggio di Grand Galarques, nella Senegambia, i Negri hanno decorato l'ingresso della cavità di un mostruoso baobab con rozze scolture, tagliate nel vivo legno; e fanno uso della interna capacità, come di una stanza da assemblee, ove si adunano a deliberare sui loro comuni interessi, ricordandoci così il celebre platano di Licia, nel cui cavo tronco il console romano, Lucinio Muziano, pranzò in compagnia di vent'uno commilitoni. Siccome il baobab comincia a decadere nella parte ove il tronco si divide nei più grandi suoi rami, ed il procedimento della distruzione continua dall'alto al basso, così la cavità, durante la piovosa stagione, si riempie di acqua, la quale, protetta dai raggi del sole, vi si accumula e si mantiene. Il baobab forma così una vera *cisterna vegetale* (come lo chiama il citato Hartwig, nel suo *Tropical World*), la cui acqua è dagli indigeni venduta agli assetati viaggiatori.

Una delle più imponenti meraviglie vegetali del globo è, senza dubbio, il *Castagno dei cento cavalli* dell'Etna. Il conte di Borch,

il quale ne ha misurato esattamente il tronco, l'ha trovato di *centosettantotto* piedi di circonferenza!

Per quanto sia grande però la meraviglia che destano in noi le dimensioni straordinarie del tronco dei vegetali, l'altezza alla quale giungono certi alberi ci colpisce assai più che il loro ingrossamento diametrale. Sotto questo rapporto, il re della flora è il Cedro gigantesco di California, la *Wellingtonia Gigantea*, che cresce perfettamente nei nostri climi, e di cui un bell'esemplare esiste nell'orto botanico dell'Università di Genova, e del quale io stesso educo varie giovani piante nel mio giardino di Novi-Ligure. Uno di que' colossi, oggi fulminato ed abbattuto a terra, sulle rive del Rio Sacramento, adergeva, vivente, la sua cima a più di *centocinquanta metri* di altezza, ed avea quaranta metri di circuito. (V. l'*Univers* di Pouchet, pag. 49).

Anche l'Australia presenta molteplici esemplari di questi colossi della vegetazione. L'*Australasian*, giornale di Melbourne, racconta come presso Dondenons (colonia di Victoria) esista un *Eucalyptus amygdalina*, che misura 128 metri di altezza. Un altro albero della stessa specie (*Eucalyptus colossia*), fu trovato dal sig. Pemberton Walcott adorgersi a 133 metri. Quattro uomini a cavallo possono entrare nel cavo tronco, e muovervisi a loro agio. Il marchese Giacomo Doria mi diceva testè che enormi sono pure le dimensioni cui raggiungono varie essenze di Borneo.

La locale distribuzione delle specie e dei generi di piante diffuse sul globo suggerì l'idea, oggimai prevalente fra i Botanici, di particolari *centri di vegetazione*, nei quali le varie specie di vegetali ebbero origine, e dai quali esse hanno irradiato in tutte le direzioni, finchè non fu il progresso di loro propagazione arrestato da alcuno insuperabile ostacolo, dipendente (in funzione delle leggi finora esposte) vuoi dal clima, vuoi dal suolo o dal mare. Questi centri, chiamati tecnicamente *Regioni botaniche*, poterono invero essere e furono assai probabilmente molteplici, per parecchie specie di vegetali: in altri termini, non è punto necessario supporre, per ognuna specie, un *unico* stipite adami-

tico, ma può benissimo essere avvenuto che da vari stipiti, sparsi a grandi distanze, la specie abbia irradiato e siasi diffusa. I botanici ed i naturalisti, del resto, non sono ancora d'accordo nè sul numero delle regioni botaniche, nè sul criterio dal quale convenga partire per circoscriverle. Sckow, per esempio, voleva caratterizzarle e denominarle dietro una delle famiglie dominanti e caratteristiche di ciascuna di esse. Altri traggono invece il nome delle regioni botaniche dal nome geografico dei luoghi; ma poi tutti sono discordi sulla estensione delle regioni medesime, epperò sul loro numero. De Candolle, padre, ne ammette 20; suo figlio Alfonso, 45.

Del resto, a noi non ispetta ed all'intento nostro non è punto necessario lo entrare minutamente in questi particolari, bastandoci le indicazioni che precedono, per distinguere le regioni *botaniche tropicali*, dalle *temperate* e dalle *polari*. Il passaggio, da una regione all'altra non avviene mai per salto, ma sempre per graduali e successivi cambiamenti. Così, per esempio, sebbene la palma sia, in generale, caratteristica delle regioni tropicali, vi hanno pur tuttavia specie di palme, che si avanzano più o meno al di fuori dei tropici, come il dattero, che io ammirai, stupendo, nel basso Egitto, e la palma di S. Pietro Martire, che si vede persino a 20 o 25 gradi a nord del tropico del Cancro.

A questo proposito, è notevole un'altra legge della geografia botanica, secondo la quale *la vegetazione conserva più a lungo il suo carattere tropicale nell'emisfero australe, che nel boreale.* Questa differenza (nota a ragione l'Omboni) dipende probabilmente dall'essere le due punte australi dei continenti africano ed americano circondate da ogni parte da immensi oceani, che vi mantengono una temperatura più dolce ed uniforme, mentre le regioni dell'Europa, dell'Asia e dell'America, collocate sotto le stesse latitudini nell'emisfero boreale, formano immensi continenti, che lasciano uno spazio minore all'estensione dei mari, e creano quindi climi più estremi, specialmente nel senso del freddo. Tutto ci riconduce sempre a quel capitale principio delle linee isotermiche,

che ci ha in tante e sì diverse occasioni districato i più complicati problemi della Fisica del globo. Il calore è veramente la grande anima dell'Universo!

V.

Tre grandi regioni botaniche possono distinguersi in Europa: la regione iperborea, la media e la mediterranea.

La regione *iperborea*, comprendente le contrade più boreali e le più elevate alpine, è contrassegnata dal predominio delle acotiledoni e delle essenze arboree amentacee e conifere. La specie lignea che più si inoltri verso il polo, è la betula bianca; le conifere si fermano al 67°, il faggio ed il tiglio, al 63°, il frassino, al 62°, la quercia, il pioppo, il noccinolo, al 60°; e se a questi limiti vi sono alcune lievi eccezioni, sono però esse poco frequenti ed affatto accidentali. Sino presso al 70°, si coltivano l'orzo e l'avena. Questa regione iperborea è comune all'Europa, all'Asia ed all'America.

L'essenza prevalente nella regione *mediana*, è la quercia comune (*Quercus robur*), frammista al castagno, al faggio, alla betula, al carpino ed a poche altre specie. Quasi dovunque è questa regione favorevole alla coltivazione dei cereali, e specialmente della segala e del frumento. Nella sua parte più meridionale, si coltivano anche la vite, il gelso ed il grano turco; nella parte più settentrionale, le selve abbondano di conifere, e la coltivazione della vite cede il luogo a quella del pero e del pomo.

La regione *meridionale* è determinata dai limiti del bacino del Mediterraneo. Essa è una delle più deliziose regioni del globo, nella quale la vegetazione è caratterizzata dalla più grande varietà di forme e di essenze. Ivi l'ulivo, il carubo, il pomo granato, il fico, l'arancio, il limone, si alternano col mirto, col corbezzolo, col viticio dall'elegante fogliame e dai fiori odorosi. Nel mezzodì dell'Italia, in Sardegna, Sicilia e Spagna, il fico d'India (*Cactus Opuntia*), amato dalla cocciniglia, si addensa in siepi

impenetrabili; e l'agave americana alza i suoi fusti a più di venti o trenta piedi. La palma a ventaglio (*Chamoerops-humilis*) sorge nei giardini di Sicilia, al di sopra dei fragranti boschetti di aranci e di limoni. Sono quelli i giardini, quelle sono le piante che alla divina ed onnipotente Musa di Goethe ispirarono il soavissimo canto, che incomincia:

Kennst du das Land? wo die Citronen blühn,
In dunkeln Laub die Gold-Orangen glühn,
Ein sanfter Wind vom blauen Himmel weht,
Die Myrte still und hoch der Lorbeer steht,
Kennst du es wohl?...

Del pari che l'Europa, così pure l'Asia, l'Africa, l'America e l'Oceania furono divise in regioni botaniche, le quali sarebbe qui impossibile descrivere con la dovuta esattezza, senza eccedere i limiti che dall'indole del nostro lavoro ci sono assegnati. Offro, del resto, nella unita Tavola, un facile e comodo mezzo di istruttivi confronti. Egli è nella zona torrida di quelle parti del globo, che la natura vegetale spiega i suoi più lussureggianti splendori. Le piante sociali che rendono, in generale, così monotono l'aspetto delle campagne europee, mancano, come già dissi, quasi interamente nelle regioni equatoriali. Alberi due volte almeno più alti delle nostre querce secolari, vi si vestono di fiori così grandi e così belli, come i nostri gigli. Sulle rive ombrose del Rio Magdalena, nella meridionale America, cresce un'aristoloca rampicante, i cui fiori hanno quattro piedi di circonferenza; e nel grande arcipelago dell'Asia meridionale, il fiore della *Rafflesia* ha tre piedi di diametro e pesa quattordici libbre. Invece dei licheni e dei fuchi, coi quali, nel gelido settentrione, si coprono le corteccie arboree de' boschi, nei tropici il tronco dell'*Anacardium* e del fico gigantesco si ammanta di soave *Cymbidium* e di vainiglia odorante. La fresca verdura del *Pothos* contrasta coi variopinti fiori delle orchidee; mentre le *Bauhinie* e le rampicanti *Grenadiglie* allacciano i tronchi colossali dei vecchi re della foresta.

VI.

Mi rimane ancora a presentarvi, o Signori, alcuni dati sulla *Distribuzione geografica delle piante coltivate*, valendomi dei magnifici studi dell'Humboldt, del Balfour, dello Schow, non che del fedele riassunto che in Italia ne fece l'Omboni.

La coltivazione dei *Cereali* nel settentrione della penisola Scandinavica stendesi fin verso il 70° parallelo, poco lungi dal limite ove cessano le piante arboree. Nelle altre regioni però, non temperate dalla prossima influenza del Gulf-Stream, essa non va tant'oltre; nella Siberia occidentale non oltrepassa il 60°, ed il 55° nella orientale; il 57° sulla costa occidentale dell'America, ed il 50° nella orientale. È, fra i cereali, l'orzo quello che a questi limiti giunge ancora a maturazione; vi si accosta l'avena, e sono entrambi le basi della umana alimentazione, in quelle alte latitudini di ambidue i continenti.

Alquanto a mezzogiorno, vi si associa la segala, che domina nel Mezzodì della Scandinavia, nella Danimarca, sulle sponde Baltiche, nel settentrione di Germania ed in porzione della Siberia, dove comincia a comparire il frumento, mentre l'orzo e l'avena non vi servono che alla fabbricazione della birra ed al nutrimento dei cavalli.

Succede, più meridionale ancora, la gran regione in cui primeggia il frumento, e comprende la Gran-Bretagna, il centro della Francia, gran parte di Germania, l'Ungheria, la Crimea, il Caucaso e l'Asia centrale. In essa alligna per buon tratto la vite, il cui prodotto comincia a sostituire la birra, e l'orzo vi è men coltivato.

In una regione più meridionale ancora, fino alla costa settentrionale d'Africa, trovasi tuttavia il frumento, associato però al riso ed al grano turco, specialmente nel bacino del Mediterraneo. La segala è quivi circoscritta agli alti monti, ed all'avena si sostituisce

l'orzo. Nella Cina e nel Giappone, al grano si preferisce la coltura del riso, come nell'America settentrionale il grano turco, e nell'Africa settentrionale entrambe queste grane, congiuntamente al sorgo ed alla poa abissinica.

Nella zona torrida, predominano ancora, in America, il mais, il riso in Asia, ed insieme entrambi in Africa.

Meno estese che nel boreale, sono le colture nell'emisfero australe: il frumento però prevale nel mezzodì del Brasile, nelle terre Argentine, nel Chilì, al Capo di Buona Speranza, nella Nuova Galles meridionale, nella Diemenia, dove l'orzo e la segale si mostrano, nel mezzodì, più frequenti.

In ragione di altitudine, si trova che, sulle Ande Americane, il grano turco predomina dai 1000 ai 2000 metri sul livello del mare, e dai 2000 ai 3000 regnano il frumento, la segale e l'orzo.

Il pomo di terra (*solanum tuberosum*) è coltivato insieme coi cereali e talora anche là dove questi più non maturano. Nei paesi caldi però esso degenera facilmente.

Nell'alto Perù coltivasi il farinoso *quinoa*, specie di cenopodio; e il grano saraceno o *fraina* è assai diffuso nell'Asia e nell'Europa settentrionale e sui monti italici.

Non poche popolazioni appenninicho in Italia, come nelle Cevenne e nel Limosino in Francia, vivono di castagne, per gran parte dell'anno.

Fra i tropici, crescono senza coltura molte palme fruttifere, le quali porgono facile alimento alle inerti popolazioni: tali il banano, il dattero, il cocco, l'albero del pane (*Arctocarpus incisa*). Vi si aggiungano pure l'ignama (*Dioscorea alata*), la batata (*Convolvulus batata*), la manioca (*Jatropha manioc*), che forniscono saporose e nutritive radici.

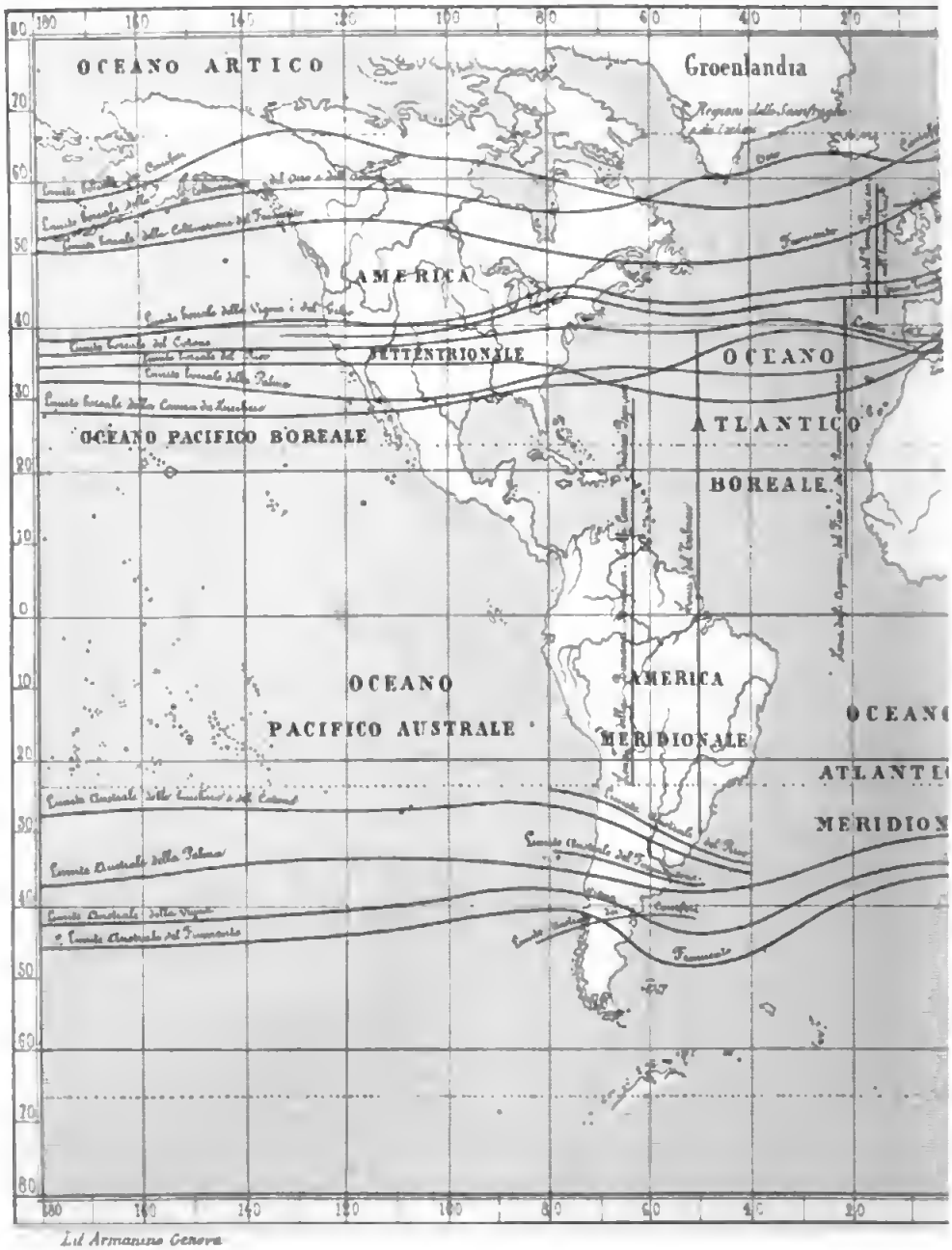
La vite riesce abbastanza bene sino ad una linea che da Nantes (47° 29') ascende fino a Anteuil presso Parigi (49°), nella Sciampagna, lungo la Mosella ed il Reno, sino al 51°, giunge, dopo varie ondulazioni, allo stesso parallelo in Slesia, ridiscende a 48° o 49° in Ungheria, e siegue la latitudine medesima, fino alla Crimea

e al Nord del Caspio, dove ha il suo limite orientale. A mezzodì, la regione della vite va dalle Canarie (27° 48') al litorale di Barberia, in Egitto, in Persia sino al 27° od al 29°. In America la vite può crescere dal 37° o dal 38° al 26° o al 32° nell'emisfero boreale, e nel Chili ed a Buenos-Ayres nell'Australe. Nella Cina e nel Giappone, potrebbe vivere, ma vi è surrogata dal thè. Nella Nuova Olanda ed al Capo di Buona Speranza, è coltivata fin verso il 34°. In altitudine, la vite si spinge, sui monti d'Europa, sino a 300 metri in Ungheria, a 550 nel nord della Svizzera, a 650 sul fianco meridionale delle Alpi, e può accostarsi a 960 sull'Appennino meridionale ed in Sicilia, tuttochè sul picco di Teneriffa non ecceda gli 800 metri.

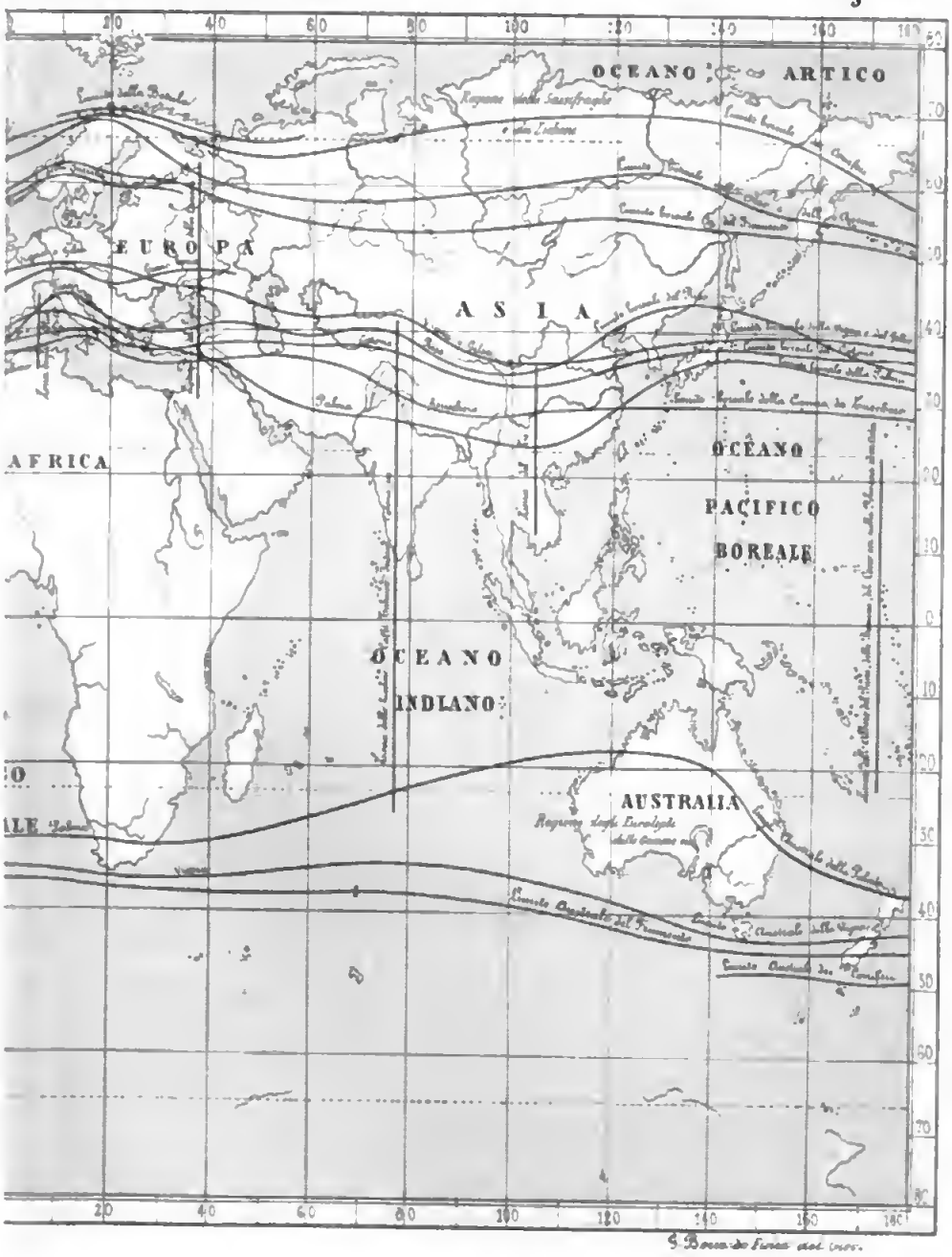
Tali sono, o Signori, i grandi lineamenti che in un Corso di Fisica del Globo, io doveva tracciarvi intorno a questa magnifica parte della scienza della Terra, che ha ricevuto il nome di Geografia botanica, sulla quale del resto, dovrò incidentalmente fare ritorno nelle due seguenti Lezioni, là dove vi sarò frequentemente richiamato dalla analogia ed affinità degli argomenti.

Digitized by Google

Tav. XV. CARTA DELL' INFLUENZA DEI



Lit Armanino Genova



Digitized by Google

Digitized by Google

LEZIONE XXX.

Geografia Zoologica
Distribuzione Geografica degli Animali

—

SOMMARIO

Difficoltà di assegnare il limite di divisione tra la Vita Vegetale e la Animale. — L'Animalità prodigata dalla Natura. — Proporzioni della sua diffusione fra le terre ed i mari. — Mezzi di trasporto dei germi. — Numero delle specie. — La Vita nell'atmosfera. — Le Isole Gallapagos. — Modificazioni e trasformazione delle Specie. — La Elezione artificiale e la naturale. — La Domesticazione. — L'Acclimamento. — La Naturalizzazione. — Geografia Zoologica. — Distribuzione delle Faune. — L'uomo modificatore delle Faune. — Il Cavallo Americano. — La Fosforescenza dei mari. — Leggi della Geografia Zoologica.

I.

Signori,

Se, com'io accennava in sul cominciare dell'ultima nostra Lezione, le ardite speculazioni, alle quali porgono argomento varie grandi scoperte della moderna filosofia naturale, fra le quali certamente primeggia quella dei *movimenti browniani*, rendono assai malagevole il tracciare ricisamente la linea di confine, ove la materia prettamente inorganica finisce, e dove incomincia il vero regno della vita, questa difficoltà cresce poi a mille doppi, quando si tratti di assegnare il limite, che separa il mondo vegetale dal mondo animale.

Non v'ha dubbio che, se noi paragoniamo un arbusto ad un quadrupede, la distanza che divide i due esseri è cotanta, che in noi non nasce tampoco l'idea di provarci a misurarla. Ma se, invece, noi discendiamo verso gli esseri più semplici dei due regni, e ci adoperiamo a scrutinarli ed a separarli, duriamo grande fatica a trovare i precisi caratteri, che l'uno dall'altro li distinguono e differenziano.

Le alghe sono pur *vere* piante, e nondimeno esse godono, nel primo periodo di loro vita, di una proprietà, che erasi lungamente creduto formare il segno caratteristico dell'animalità: esse hanno la proprietà della *locomozione*.

E, valga il vero: i fiori delle alghe contengono piccoli corpuscoli di due specie: le *Zoospore* e gli *Anterozoidi*. I primi rappresentano i *pistilli* dei fiori comuni; i secondi, più piccoli, gli *stami*. Gli uni o gli altri hanno forma di uova microscopiche, invisibili ad occhio nudo.

Vi ha un istante, nella vita dell'alga, in cui questi corpi escono dalla capsula, che li racchiude. Mercè di lunghi cigli, più o meno numerosi, infissi sulla loro punta, essi muovonsi rapidamente. Gli anterozoidi si raccolgono intorno alle zoospore, si arrampicano e si avviticchiano, per così dire, sulla loro superficie, le fanno girare o rigirare in tutti i sensi; la zoospora è allora fecondata e diventa una vera grana, la quale bentosto cessa di agitarsi e di nuotare, si fissa definitivamente ad un corpo estraneo, germoglia e si fa alga.

Sono ben pochi, del resto, i vegetali, i di cui organi non eseguiscano certi movimenti *spontanei*, non provocati, cioè, da alcuna cagione esteriore; ma, in generale, siffatti movimenti sono talmente rapidi, che si sottraggono alla ordinaria nostra percezione. Possiamo però qui ricordare ancora l'*Hedysarum gyrans*, le foglie del quale sono animate da oscillazioni regolari e ad ogni istante visibili. Più singolare e più caratteristica ancora è l'osservazione che, il 13 gennaio del 1867, e poi ripetute altre volte durante l'ora scorso anno, fece in Francia il Sig. Lecoq sulla *Colocasia esculenta*, le cui foglie sono di tratto in tratto agitate

da una specie di vivo fremito, il quale non solamente è affatto spontaneo, ma sembra inoltre del tutto esente da ogni legge di regolare periodicità. Il più delle volte, è vero, questo fremito della Colocosia fu osservato tra le 9 ore antimeridiane e mezzogiorno; ma assai di frequente persisteva tutta la giornata e la notte ancora; poi la pianta restava inerte per intere settimane, salvo a riprendere quindi (e talvolta con violenti accessi, e quasi direi con subiti parossismi) la serie delle sue pulsazioni.

Se, da una parte, questi fenomeni ci porgono esempi di piante che posseggono una delle più caratteristiche proprietà degli animali, dall'altra, il corallo, le spugne, le actinie, tutte insomma le numerose genie dei zoofiti, che rendono il letto dei mari non men variato, nè men pittoresco, nel suo aspetto, della superficie della parte emersa del globo, sono animali, che partecipano, in qualche guisa, della vita delle piante.

Senza volere qui entrare nell'antica controversia, oggi rediviva, delle *generazioni spontanee*, e senza ripetere ciò che abbiamo a suo luogo osservato circa alla teoria della origine e della trasformazione delle specie, crediamo però che lo stato attuale della scienza ci autorizzi ad affermare non essere più lecito ad alcuno il trattare con sprezzante leggerezza queste ardite speculazioni della moderna filosofia naturale; e che, del pari, cotesta filosofia ci assicuri oramai che, nella interminabile catena degli esseri, la vita animale sia coi più intimi e stretti anelli congiunta alla vita vegetale, come questa è altresì collegata alla vita cosmica, di cui tutto quant'è vive l'Universo.

II.

La profusione con la quale la Natura ha sparso su tutto il pianeta i germi della animalità, non è punto minore di quella, con la quale ella ha prodigato quelli della vegetazione. Presso ai due poli, là dove i grandi e complicati organismi non potrebbero

Digitized by Google

più sussistere, resta ancora una vita infinitamente piccola, pressochè invisibile, ma incessante. Le forme microscopiche (dice l'Humboldt, riferendo le belle scoperte di Ehrenberg) raccolte nei mari del polo australe, durante il viaggio del capitano James Ross, offrono una ricchezza affatto peculiare di organizzazioni, finora sconosciute e dotate sovente di straordinaria eleganza. Nei residui della fusione dei ghiacci che nuotano in rotondate masse, a 78° 10′ di latitudine, si trovarono più di cinquanta specie diverse di poligastrici siliciosi e di coscinodischi, le cui ovarie, verdi ancora, provano che *hanno vissuto* e lottato con successo contro i rigori di un freddo estremo. Lo scandaglio ha estratto, nel golfo dell'Erebus, da 403 a 526 metri di profondità, sessant'otto specie di poligastrici siliciosi e di fitolitarie, accompagnate da una sola specie di politalamie a corazza calcare.

Sebbene la chimica non abbia riconosciuto la silice fra gli elementi essenziali dell'acqua marina, sebbeno anzi quella sostanza non possa trovarvisi che allo stato di semplice sospensione, pur tuttavolta fra le varie forme microscopiche, onde l'osservazione ci ha fino al presente rivelato l'esistenza nell'oceano, gli infusori siliciosi sono di gran lunga i più abbondanti. L'infinita quantità di queste infinitesime e rudimentali esistenze non è soltanto limitata ai mari interni od in prossimità delle coste; ma popola, senza distinziono, tutte le masse oceaniche. E si è (come ho fatto notare nella mia Lezione IX[a]) alla presenza di quei corpuscoli, molti dei quali sono dotati di uno splendore fosforico nello stato di vita, e tutti poi nella putrefaziono cho segue alla morte, che è dovuto quel mirabile fenomeno della fosforescenza marina, che colmò ognora di delizia l'animo del navigante contemplatore delle tranquille, indescrivibili notti dei tropici.

Fra le due grandi forme della vita, è dunque la *animale* quella che predomina nei profondi abissi oceanici, come è la *vegetale*, fomentata o stimolata dalla periodica azione dei raggi solari, quella che prevale sui continenti. Nè soltanto l'Oceano, ma le acque eziandio delle paludi ascondono una innumerevole

Digitized by Google

folla di vermi dalle svariate, eleganti e stupende forme. I nostri occhi (sclama l'eloquente autore dei *Quadri della Natura*) durano fatica a riconoscere le ciclidie, i tricodi frangiati, e la moltitudine delle naiadi, divisibili in rami, come il lemma, di cui esse cercano l'ombra. Circonfusi da differenti miscugli d'aria, e non conoscendo la luce, vivono l'ascaride maculato nella pelle del verme terrestre, la leucofra d'un brillante argenteo nell'interno della naiade litorana, e l'echinorinco nelle vaste cellule pulmonari del serpente a sonagli dei tropici. La vita così riempie ed invade tutti i più ascosi recessi della Natura!

Alla stessa conclusione ci traggono le esplorazioni state fatte nelle grandi altitudini terrestri ed atmosferiche. Sulla cima del Monte Bianco e sulle Cordigliere, sulle eccelse montagne della catena Imalaica, sempre e dovunque si scuoprono numerosi rappresentanti della vita animale. Al di sopra delle vette culminanti delle Ande, nelle solitudini dell'aere, può stare librato, senza un batter d'ala, il condoro, il gigante degli avoltoi, che riesce quindi, in pochi secondi, allorchè si slancia sulla sua preda, a traversare, senza pericolo, gli strati più diversi di aerea densità, correndo tutta la scala delle pressioni barometriche. E se poi armiamo noi della lente del microscopio la nostra pupilla, troviamo l'atmosfera ripiena, al pari delle acque, di infiniti animaletti che, trasportati dai venti, immobili e come immersi in una morte temporanea, aspettano, sospesi nell'aria, che la rugiada li riconduca alla terra ed aliti in loro lo spirito di una vita novella. L'illustre Ehrenberg ha scoperto che talune meteore dell'Atlantico, formate da polveri giallastre, le quali dall'Arcipelago del Capo Verde sono spinte talvolta a levante sulle coste d'Africa e fin sull'Italia e sulla media Europa, altro, in sostanza, non sono, fuorchè amassi di microscopici organismi, protetti da un siliceo involucro. Ed insieme ai già sviluppati animaletti, l'atmosfera porta eziandio innumerevoli germi di corpi nascituri, di uova d'insetti, le quali, sostenute da corone di peli e di cigli, partono per lunghi viaggi autunnali, in cerca d'una patria ospitale.

III.

Egli è impossibile il dire qual sia il totale numero delle specie di creature animate esistenti sul globo. Quelle che la Zoologia ha potuto classificare (e non sono forse che una piccola frazione) eccedono le 155,000, distribuite così:

1.° Vertebrati, cioè,		
Mammiferi	Specie N.°	1,700
Uccelli	» »	6,000
Rettili	» »	1,500
Pesci	» »	6,000
2.° Molluschi	» »	10,000
3.° Articolati ed Insetti	» »	120,000
4.° Radiati	» »	10,000
	Totale N.°	155,200

La distribuzione geografica di questi esseri, come quella delle piante, obbedisce a certe leggi, meno assolute però di quelle che imperano sul riparto dei vegetali, siccome quelle che incontrano un fattore o elemento di variazione e di perturbazione più energico assai d'ogni altro, nella facoltà della locomozione; la quale, se non è un privilegio esclusivo degli animali, è però in essoloro infinitamente più compiuta e perfetta. Le inflessioni delle linee isotermiche, e sovratutto quelle delle linee isochimeniche, si manifestano verso limiti cui certe specie animali oltrepassano raramente, sia verso i poli, sia verso la vetta delle montagne coperte di neve. Così, per esempio, l'alce vive nella penisola Scandinavica, sotto una latitudine 10° più boreale che nell'interno della Siberia, ove le linee di eguale temperatura media jemale assumono una così ricisa forma concava. Le piante migrano in germe: le grane di numerose specie sono munite di organi particolari, i quali permettono loro di viaggiare attraverso all'atmosfera; ma la grana, fissata una volta, dipende dal suolo e dall'aria ambiente. Non così gli animali: essi

stendono a loro talento la cerchia delle loro migrazioni, dall'equatore ai poli; ma la estendono sovratutto dal lato ove le linee isotermiche si incurvano e dove le calde estati succedono agli inverni rigorosi. Il tigre realo, per esempio, affatto identico a quello dell'India Orientale, fa ogni estate lunghe incursioni nell'interno dell'Asia, fino oltre alle latitudini di Berlino e di Amborgo.

Riferiamo qui alcune belle osservazioni del Sig. Professore Omboni. « Un viaggiatore (dice egli) che percorra le varie parti della Terra, trova in ognuna di esse animali di specie quasi sempre differenti. Abbandonando, per esempio, l'Italia, ove il suo sguardo si era famigliarizzato con molte specie di animali comuni, rinviene in Africa ben pochi animali simili a quelli, e vi trova invece il leone, l'elefanto a grandi orecchie, qualche rinoceronte, molte scimmie, la giraffa, lo scimpanzé ed una infinità di altri animali differenti da quelli del suo paese. Di là volgendosi al Madagascar, trova altre specie, quasi tutte affatto diverse, come i maki, i centeti ecc.; nell'Australia, quasi tutti i marsupiali, l'emù, le strigope (pappagallo che somiglia, per aspetto e per costumi, agli uccelli notturni), l'apterice, ecc.; nell'Arcipelago Indiano, l'orango, altre scimmie particolari, le falangiste (marsupiali che sembrano scoiattoli), il drago volante ecc.; nell'India, alcune particolari specie di scimmie, l'elefante, il rinoceronte, la tigre, i fagiani, i pavoni, il gaviale (particolare coccodrillo di que' paesi) ecc.; nell'America equatoriale e tropicale, le scimmie platirrine (ossia colle narici distanti), le auchenie, il puma, il giaguaro, i caimani (altri particolari coccodrilli), i boa ecc.; i quali animali rappresentano in quel paese le scimmie catarrine (colle narici vicine), i camelli, il leone, la tigre, i coccodrilli, i pitoni dell'antico continente. Se il viaggiatore passa ivi dai paesi caldi ai temperati, incontra novelle specie non ancora vedute, proprie di quei paesi soltanto; così vede mancare nei paesi freddi e temperati molte delle famiglie che avea trovato nei paesi caldi, come i quadrumani, i maggiori pachidermi, gli sdentati, i pappagalli, i coccodrilli ecc., e rinviene meno distinti i gruppi di animali propri di ciascun

paese. Così, tanto nell'America boreale, quanto nel settentrione dell'antico continente, incontra le foche, il maggior numero dei cetacei, l'orso bianco, la volpe azzurra, il renne, l'alce, pesci poco numerosi, ma ovunque gli stessi, oppure di specie molto affini. Qualche differenza osservasi invece fra gli animali dei diversi paesi temperati, trovandosi, per esempio, l'ondatra (rosicante acquatico), le sirene (rettile particolare serpentiforme) ecc., nell'America del nord; l'yack (bue con lana lunga), il dzigetai (particolare specie di cavallo) ecc., nell'Asia centrale; il capriolo, il lepre, il nocciolino ed altri, in Europa. Però vi hanno molti animali, che sono comuni a gran tratto di paese: così il tasso, la lontra, il lupo, il gheppio ecc., trovansi in Europa del pari che nell'Asia Centrale ».

Io eccederei soverchiamente i confini che la natura stessa del mio lavoro m'impone, qualora volessi, per tutte le classi di animali, indicare minutamente le leggi della loro distribuzione sul terrestre pianeta. Mi ristringerò quindi ad alcuni cenni sulla ripartizione geografica della sola classe dei Mammiferi, fra tutte la più importante, valendomi in peculiar modo dei preziosi elementi che mi fornisce una bella e dotta lettura, che su questo argomento faceva testè il Prof. sig. Paolo Bert.

Giova, anzitutto, richiamare alla mente i gruppi di primo ordine, nei quali dividono i Naturalisti la classe dei Mammiferi:

A. — *Monodelfi.* — Uomo. — Scimmie — Lemuri — Chirotteri — Insettivori — Rosicanti.

Carnivori comuni e marini.

Sdentati — Proboscidati — Giumenti — Bisulchi — Ruminanti.

Cetacei erbivori, o Sirenidi. — Cetacei propriamente detti.

B. *Didelfi* o *Marsupiali.* — Marsupiali carnivori. — Insettivori — Erbivori.

C. — *Monotremi.*

Passiamo ora in rapida rassegna questi gruppi, considerandoli unicamente sotto il rispetto del loro geografico riparto.

A. — 1.° *Uomini.* — Avendo consacrato alla distribuzione geografica delle razze umane l'ultima Lezione di questo mio Corso, a quella rimando i miei Uditori.

2.° *Scimmie.* — Non v'ha specie alcuna di scimmie che oltrepassi il 40.mo grado di latitudine così boreale, come australe. Questo limite è anzi appena raggiunto, nell'emisfero settentrionale, da un Macaco del Giappone (*Macacus speciosus*), e dalla Bertuccia (*M. inuus*), vivente nell'Atlante e fino a Gibilterra. Le altre specie di scimmie non varcano il tropico del Cancro.

L'Europa non ha, nell'epoca attuale, specie alcuna di scimmie, tranne la Bertuccia; il che può dirsi eziandio dell'Australia, della Polinesia e dell'isola di Madagascar.

Notevolissima corre una differenza tra le scimmie dell'antico e quelle del nuovo continente: mentre, nel primo, non trovansi che scimmie con 32 denti, il secondo invece non ha che i *Cebini*, con 36 denti, e gli *Apalini*, muniti di artigli, che tengono loro il luogo di unghie.

Fra tutte le specie di scimmie, le *Antropomorfe* sono (come indica il nome) le men dissimili dall'uomo. Questo gruppo ha rappresentanti, in Africa, nello *Scimpanzé* e nel formidabile *Gorilla;* a Borneo ed a Sumatra, nell'*Orang-Utang;* nella Malesia e sul lido continentale d'Asia, nella numerosa genia dei *Gibboni.* L'India e le sue grandi isole (Borneo, Giava, Sumatra ecc.) possiedono pure i *Semnopitechi;* nell'atto che i *Colobi* (che loro assomigliano), i *Guenoni,* i *Cinocefali* (l'*Hamadryas* trovasi anche in Arabia) sono propri esclusivamente dell'Africa; i *Macachi* (eccettuata la Bertuccia) sono tutti asiatici.

3.° *Lemuri.* — Non meno di quelle delle scimmie, sono localmente distinte le varie specie di Lemuri. — Peculiari alle Indie ed alle isole dipendenti, sono i *Lori* ed i *Tarsii;* i *Galagos* ed i *Pterodittici* sono africani; gli *Indri* ed i *Maki* (o scimmie col muso volpino) non vivono che nella sola grande isola di Madagascar, la quale rivaleggia con l'arcipelago delle Gallapagos, di

cui mi occorrerà parlare più sotto, nella singolare e caratteristica autonomia della vita animale.

Egli è pure a Madagascar esclusivamente, che trovasi l'Aï-aï, o *Cheiromy*, curioso essere, avente le mani dei Lemuri e i denti dei Rosicanti.

Confinati nelle sole Isole Indiane sono i *Galleopitteehi* o *Gatti-Scimmie*.

4.° *Chirotteri*. — Al contrario delle Scimmie e dei Lemuri, questo gruppo è essenzialmente cosmopolita, avendo rappresentanti in tutte le parti del globo. Variabile assai è pur tuttavia l'estensione geografica su cui hanno la loro dimora le varie sue specie. Mentre, infatti, i *Fillostomi* sono peculiari alle due Americhe, le *Rossette* invece, proprie dell'emisfero orientale, si trovano soltanto nell'Arcipelago Indiano e sovratutto in Oceania. Dei *Rinofoli* sono rappresentanti in Europa, in Asia, in Africa ed in Australia. Sparsi poi per tutta la Terra sono i *Vespertilionidi*, che noi volgarmente diciamo *pipistrelli*.

5.° *Insettivori*. — Nè l'America meridionale nè l'Australia possedono specie alcuna di cotesti piccoli mammiferi; e pochi ne ha l'America boreale. In queste contrade sono surrogati dagli Insettivori Didelfi. Particolari dell'antico continente sono gli *Erinacidi* ed i *Macroselidi*. I *Tupaia* ed i *Gimnuri* vivono nelle Indie o nelle Isole Indiane; in Africa, i *Macroseeli*; i *Tanzec*, nella sola Madagascar. Il genere *Riecio* (assai comune fra noi), è invece molto diffuso nell'antico mondo. — Nel novero dei *Soricidi*, è notabile la differenza che passa tra i *Desmani*, dei quali le due sole specie conosciute abitano, una i monti Urali, l'altra i Pirenei, ed i *Musaragni*, viventi in tutto l'antico continente e nella boreale America. — La famiglia delle *Talpe* conta in Europa ed in più luoghi di Asia molti rappresentanti del genere *Talpa*, in Africa del genere *Crisocloro*, nell'America settentrionale di quelli degli *Scalopi* e dei *Condiluri*.

6.° *Rosicanti*. — È questo uno degli ordini più vastamente diffusi sul globo. Comune ai due mondi è il numeroso genere

Scoiattolo, che manca solo in Australia. — Tutte le regioni settentrionali, sì dell'antico che del nuovo continente, hanno le *Marmotte* ed i *Castori*. — Più sparsa, anzi propriamente universale è l'innumora genia dei *Muridi:* il genere dei *Ratti* è dovunque. — Circoscritti, per converso, alla sola America boreale, sono gli *Ondatra;* alla temperata Europa, gli *Amster;* alla Norvegia ed alla Laponia, quei singolari *Lemming* i quali, come i Russi di Suwarow, non conoscono altra tattica nelle loro migrazioni, fuorchè quella di *andare sempre avanti;* della sola isola di Luçon, fra le Filippine, sono propri i *Phleomys*. — Mentre in tutto l'antico continente vivono i *Ghiri*, gli *Echimidi* o *Topi Spinosi* non s'incontrano che in America; e soltanto in Africa o nei pianori di Tartaria, sono le *Gerbille*, gli *Helamys* o *Lepri saltellanti* ed altri *Diopodi*. — Comune ai due continenti è il gruppo dei *Porcospini*, dei quali però i propriamente detti, gli *Acantioni* e gli *Ateruri* trovansi nell'antico mondo; nell'atto che in America stanno gli *Ursoni*, i *Chetami* ed i *Coendu*. — Sono del pari esclusivamente americani altri Rosicanti, quali i *Geomidi*, i *Saccomidi*, e (fra tutti notevole) il *Capibara* il più grosso dei Rosicanti. — Sparsa nella maggior parte della terrestre superficie è la numerosa famiglia dei *Leporidi:* la Nuova Olanda e le isole vicine, non che Madagascar, sono le sole terre sprovvedute di lepri.

7.° *Carnivori*. — I Mammiferi di questo gruppo sono diffusi su tutto il globo. In Australia però i carnivori appartengono al gruppo dei Marsupiali, di cui parleremo in appresso. Noterò bensì di passaggio che il dominio di queste razze distruttive di tanto si ristringe, di quanto si amplia quello della razza più distruttiva di tutte, della razza umana. Tutte le tradizioni religiose, tutte le mitologie assegnano quindi un assai elevato posto ai grandi cacciatori, veri temosfori dell'incivilimento, da Ercole e Teseo fino al signor Du-Chaillou, e da Nembrod fino al famoso Girard.

Nelle due Americhe, in Europa, in Asia, nella Malesia conta varie specie il genere *Orso;* non se ne conoscono però in Africa nè a Madagascar. — Fra i cosidetti *Sub-orsini*, riscontransi i

Raton ed i *Coati* in ambe le Americhe; i *Tassi*, in Europa, nell'America e nell'Asia boreale; in India e nelle sue isole, i *Panda* ed i *Benturong;* nell'America tropicale, i *Kinkajù;* nelle regioni polari dei due continenti, i *Ghiottoni;* i *Ratel*, nell'India e nell'Africa australe. In tutte le parti del mondo, ad eccezione dell'Africa centrale e meridionale (ove sono surrogati dal genere *Zorilla*) abitano lo *Martore* e le *Puzzole*. Le *Molfette* non sono che in America. — Vastissima è la circoscrizione del genere *Lontra*, diffusa in Europa, in Asia, in Africa ed in entrambe le Americhe. Soltanto sulle coste settentrionali del Pacifico vive però, nei due continenti, la grande *Lontra marina* (*Enhydris*).

Fra gli *Anfibii*, le *Foche*, sono sparse in tutti i mari. Però il genere *Pelago* non si è trovato sinora fuori del Mediterraneo; la *Foca a cappuccio* (*Stemnolope*) appartiene ai mari dell'emisfero boreale, mentre degli oceani australi sono proprie le *Foche a proboscide* (*Stenorinchus*). — Limitati al mar Glaciale sono i *Trichechi*, o *Morse*, o *Vacche marine*.

I *Canidi* propriamente detti non mancano che a Madagascar ed all'Australia, nella quale ultima però una specie di cane esiste, colà pure fido compagno dell'uomo. Le *Volpi* ed i *Lupi* vivono in Europa, in Asia, in America; ma in Africa il lupo è surrogato dallo *Sciacallo*, che fa sentire il suo latrato eziandio in Asia ed in qualche tratto della meridionale Europa. Notevole è il caso della Sardegna, la quale non ha nè lupi nè, in genere, belve feroci.

I *Viverrini* sono propri dell'Africa e di Madagascar. — L'Asia, l'Africa, Madagascar ed in qualche parte anche l'Europa, contengono rappresentanti del genere *Zibetti*. Propri della sola Africa sono i *Suricati*, i *Cinitti*, i *Manghi;* e della sola Asia, i *Paradossuri*, dei quali anzi alcuni sembrano esclusivamente peculiari a Borneo.

Africana è l'orrida famiglia delle *Jene*, le quali però si stendono anche nell'Asia meridionale.

Tranne Madagascar e l'Australia, i *Felini* esercitano su tutto il globo la loro opera di distruzione. Lungo troppo sarebbe il descriverne tutte le specie, anco solo le principali, dal *Lione*,

dalla *Tigre*, dal *Leopardo*, e dal *Guepardo*, terrori delle popolazioni, fino al *Gatto* comune e domestico. Cade quivi in acconcio una arguta osservazione del signor Vignes, il quale nota che se, tra i carnivori, le Jene e gli Avvoltoi si occupano di sbarazzare il suolo degli animali morti, le belve da preda sembrano avere ricevuto la missione di moderare lo svolgimento dei gruppi di Erbivori, che tenderebbero a divenire troppo numerosi. Dovunque, infatti, manca il lione in Africa, la vegetazione è orribilmente devastata da orde di *Gnus*, di *Cuaggas* o di *Gazzelle*. La magrezza estrema degli individui che formano il retroguardo di quelle immense truppe erranti, prova pur troppo quanto sia utile che i Carnivori intervengano ad imporre limiti alla moltiplicazione degli individui ed a risparmiare loro, di tale guisa, i disastrosi effetti di una troppo ardente concorrenza vitale; per modo che, nella naturale economia, il còmpito delle belve sanguinarie vantaggia realmente, in un certo senso, le specie che servono alla loro sussistenza. Per essere però completamente sicuri di questa opinione ottimista dei dotti, sarebbe forse opportuno di conoscere ciò che ne pensino le povere Antilopi del deserto!

8.° *Sdentati*. — Semplicissima è la distribuzione geografica di quest'ordine. L'America centrale e la meridionale nutriscono i *Pigri*, gli *Armadilli*, i *Formichieri*; l'Africa gli *Oritteropi* e gli *Armadilli*, i quali ultimi si trovano anco in Asia.

9.° *Proboscidati*. — Gli *Elefanti*, in una trascorsa età geologica tanto vastamente diffusi sul nostro globo, non abitano in oggi che l'Africa (meno Madagascar) e l'Asia indiana e le sue isole. Notevolmente diverse però ne sono le specie.

10.° *Pachidermi*. — Vivono questi nell'America, a mezzodì del tropico del Cancro, e nell'antico continente fino al 55° parallelo circa. L'Australia ne è affatto priva. — I *Cavalli Zebrati* (*Zebra, Dauw, Cuagga*) sono animali africani; gli altri (*Cavallo, Asino, Emione*) vivono, allo stato libero, nelle vaste pianure dell'Asia temperata. — L'Africa e l'Asia meridionale sono pure la sede dei *Rinoceronti;* l'Africa e la Siria, dei *Damani*. — I *Tapiri* sono rap-

Digitized by Google

presentati da diverse specie, in America, da una parte, e, dall'altra, a Borneo, Sumatra e Malacca. — Sola l'Africa ricetta al di d'oggi gli *Ippopotami*. — Vastissima è la circoscrizione dei *Porcini;* alcuni generi di questo gruppo sono confinati in regioni comparativamente ristrette: i *Pecari*, per esempio, sono particolari dell'America; i *Facoceri*, dell'Africa; i *Babirossa*, delle isole Molnche; ma il genere *Cinghiale* stendesi in Europa, in Africa, in Asia e nelle loro isole. Si crede comunemente che il *Maiale* comune sia una razza derivata dal cinghiale selvatico; ma, secondo il signor Sanson, è una tale opinione affatto erronea, e questo scienziato ne ha addotto le prove in una Nota presentata or ora all'Accademia delle Scienze di Parigi.

11.° *Ruminanti*. — Vivono native specie di questo gruppo in tutte le parti del globo, ad eccezione del Madagascar e dell'Australia. Fra i *Camellidi*, i *Camelli*, originarii d'Asia, furono importati in Africa. I *Lama* abitano esclusivamente gli alti pianori dell'America meridionale. Asiatici sono i *Caprotini;* ma il genere *Hyemoschus* è africano. Esclusive abitatrici dell'Africa sono le *Giraffe;* ma quella parte del mondo non ha *Cervi*, ad eccezione di pochi distretti del suo lido settentrionale; però quest'ultimo genere si stende in tutto il resto del globo. Le fredde regioni dei due continenti ricettano il *Renne* e l'*Alce*. Le *Antilopi* vivono in tutte le regioni cha contengono Ruminanti, eccettuata la meridionale America. Rare però sono in Europa, ove non ne abbiamo più altra specie che il *Camoscio*. Mancanti in America, le *Capre* sono in tutto l'antico continente. I *Buoi* ed i *Mufloni* sono in Europa, in Asia, in Africa ed in America; nelle parti glaciali di quest'ultima è confinato l'*Ovibue*.

12.° *Sirenidi*. — I *Lamantini* abitano i mari tropicali delle Antille e del Senegal; l'Oceano Indiano ha il *Dugongo*, che vive anche nel Mar Rosso. Nelle regioni boreali del Pacifico fu trovata la rarissima specie della *Stelleria*.

13.° *Cetacei*. — I *Delfini* trovansi in tutti i mari del globo ed in ogni latitudine; ma vi hanno generi della famiglia limitati

ad una molto ristretta patria; tali sono i *Platanisti*, che non s'incontrano tranne presso alle foci del Gange; gli *Inia* dei grandi fiumi dell'America meridionale, il *Narvalo*, che abita l'Oceano boreale Artico. La famiglia dei *Zifidi* sembra avere anch'essa rappresentanti in tutti i mari del pianeta. — Nella mia lezione X.ª ho già accennato come il Maury abbia segnalato l'utilità pratica che può ritrarsi dalla osservazione delle abitudini delle *Balene*, le quali occupano le regioni polari, non oltrepassando gnari, tanto al Nord quanto al Sud, il 60° grado di latitudine; mentre nell'immenso intervallo frapposto, nuotano nei mari equatoriali i *Capodogli* o *Caccialotti*.

B. — 14.° *Marsupiali.* — Ad eccezione dei *Didelfidi* (*Sarighe, Chironetti* ecc.), che vivono nella meridionale America, ed alcune specie dei quali risalgono fino agli Stati Uniti, tutti gli altri Marsupiali sono originari dell'Australia e delle grandi isole vicine.

C. — 15.° *Monotremi.* — Al Continente Australico ed alla Diemenia esclusivamente appartengono gli *Ornitorinchi* e le altre specie di questo gruppo.

Rinviando i miei Uditori ai trattatisti speciali della materia, e senza entrare in maggiori svolgimenti, che troppo lontano mi trarrebbero dallo scopo alle mie Lezioni assegnato, questi cenni io credo più che sufficienti a stabilire un generale teorema, che cioè, più o meno vasta, tutti gli esseri animati hanno una patria, geograficamente assegnabile.

Non bisogna però soverchiamente esagerare cotesta *localizzazione delle specie*, sotto pena d'incorrere in gravi errori. Quella nobil donna, che è la signora Somerville, ha nella sua *Physical Geography* (pag. 458. Ediz. del 1862), lo squarcio seguente: « S'incontrano serpenti in tutti i paesi caldi e temperati; ma essi abbondano particolarmente nelle regioni intertropicali. Essi sono specialmente numerosi nelle isole dell'Arcipelago Indiano; mentre son rari in quelle del Pacifico. Giava ne contiene 56 specie, *nell'atto che in Borneo non una sola è stata trovata* ». Paren-

domi estremamente singolare quest'ultima osservazione, contraddetta d'altronde dalle opere di Schlegel e, più recentemente dai cataloghi di Bleeker e di Günther, io volli conoscere, a tale riguardo, il giudizio di un giovine ma già illustre scienziato, mio concittadino, del signor marchese Giacomo Doria, il quale col suo amico signor Beccari, soggiornò a lungo a Borneo. Ed ecco le informazioni, che da lui mi furono gentilmente favorite. — Le collezioni borneensi da questi due valorosi esploratori radunate comprendono oltre a *trecento individui* di ofidii, fra i quali si contengono circa *cinquanta specie* diverse! Borneo non ha fauna con forme le quali le siano realmente proprie. Questa nobile isola è il centro della fauna malese, la quale ha il suo limite Sud-Est alla Nuova-Guinea, ed al Nord si estende oltre alle Filippine e fino alla parte meridionale della China ed al Burmah. Le due ultime però sono regioni di transizione, imperocchè la loro fauna è mista con forme europee. Per dare un esempio di questa asserzione, il Doria mi dice che, fra gli uccelli di Borneo, egli non trova che un solo genere (*Pytiriasis*) particolare a quest'isola. Tutti gli altri si ritrovano a Giava, a Sumatra e, specialmente, a Malacca. Del resto, tutto ciò altro non prova (argutamente mi osservava il lodato mio amico) se non che anche i grandi intelletti, come quello della Somerville, possono cadere in errore; i soli che sono sicuri di non cadervi giammai, sono gli oziosi. E questa è una grande verità; ma nè il Doria nè io ci sentiamo l'animo d'invidiare la trista infallibilità di cotestoro.

Del resto, che sulla fauna di ogni contrada esercitino una grandissima influenza non solo le condizioni climatologiche, ma eziandio le topografiche, orografiche ed idrografiche, la è verità che non può oramai rivocarsi nel menomo dubbio. Carlo Darwin, viaggiando nel 1835 sul *Beagle* intorno al globo, approdava e soggiornava alcun tempo in quel gruppo singolare delle isole vulcaniche Gallapagos, delle quali ho già parlato più volte e segnatamente nella mia XXII^a lezione, ed ove esistono non meno di duemila spenti crateri. Esse giacciono sotto l'Equatore, ed a cinque

o sei cento miglia a ponente della costa di America. Or bene, un grandissimo numero delle produzioni organiche di quelle isole è costituito da aborigene creatnre, non trovate mai in alcun' altra parte della terra; vi è persino qualche divario tra gli abitanti delle differenti isole; eppure tutti portano una impronta di parentela con quelli dell'America, tuttochè separati da questo continente mercè di una larghezza sì grande. L'arcipelago è come un piccolo mondo a sè, o piuttosto un satellite dipendente dall'America; e si è appunto considerando le piccole sue dimensioni, che restiamo invero maravigliati al gran numero de' suoi esseri aborigeni ed autoctoni. Dall'altro canto, basta osservare come ogni collina delle Gallapagos sia coronata col suo cratere, e come la massima parte di quelle eminenze vulcaniche portino manifeste tracce di essersi formate sotto le onde marine, per convincersi che, in un periodo geologicamente molto recente, l'Oceano copriva ancora tutte le terre Gallapagos. Come si formarono adunque quei singolari gruppi di esseri viventi, con forme così distinte e così caratteristiche? D'onde vennero gli stipiti di uccelli come la *Geospisa* e la *Certhidea*, di rettili come l'*Amblirinco* acqnatico ed il terrestre, e delle innumerevoli e gigantesche tartarnghe? — È questo uno dei rarissimi casi, in cui il filosofo è, così nell'ordine dello spazio come in quello del tempo, condotto molto davvicino a qnel gran fatto primordiale, a quel *mistero dei misteri*, che è la apparizione di nuovi esseri sopra la Terra.

IV.

Le condizioni geografiche, in mezzo alle qnali una specie animale vive, possono modificarne a segno la organizzazione, da alterarne non solo il volnme e le forme, ma eziandio e profondamente il meccanismo sensorio. Il Tucutnco *(Ctenomys Brasiliensis)* è una piccola specie di talpa la qnale, vivendo sotterra epperò lungi dall'azione della luce, è cieca. Esso possiede bensì gli

occhi in uno stato, per così dire, embrionale ed incipiente; ma non avendo bisogno di servirsene e non servendosene effettivamente giammai, non li porta al loro completo svolgimento. Nella stessa condizione si trovano l'Aspalace ed il Proteo, rettile quest'ultimo che vive in profonde caverne, piene di acqua.

Le abitudini delle razze viventi si modificano a seconda delle condizioni della loro alimentazione: fra le diverse varietà dei lupi, quelle che soggiornano in contrade dove la più abbondante loro preda consiste in animali molto veloci alla corsa, come ad esempio il lepre, sono più svelte, hanno più lunghe e più robuste le gambe, di quelle che trovansi in regioni, dove è differente il loro alimento.

Gli allevatori hanno, siccome è noto, saputo trarre partito da questa legge zoologica, facendo sviluppare, coll'ingegnoso metodo della *Selection*, negli animali utili quelle qualità, che a loro maggiormente caleva di ottenere. Così il Bakewell è riuscito a produrre, nelle pecore *South-Downs*, una razza ovina, avente curtissime le gambe, ricchissimo il vello, copiosa la carne, e piccolo invece e leggero lo scheletro osseo, sviluppato appena quanto era necessario a sopportare la massa utilizzabile dell'animale. Ma il *South-Down*, che si prestava acconciamente alle pianure del mezzodì d'Inghilterra, sarebbe stato sopramodo disadatto ai monti del Nord e della Scozia, per inerpicarsi sui quali occorreva un razza ovina più forte, più vigorosa, meno fornita di carne, più alta di membra, quale appunto si è potuta formare nei così detti *New-Cheviot*.

È questo il luogo opportuno per esaminare una questione di gravissimo momento, relativa a quella teoria della origine e della mutabilità delle specie viventi, della quale ho già esposto i generali lineamenti nella mia VIII.ª Lezione.

Che gli esseri organizzati possano profondamente modificarsi e trasformarsi, sia per virtù di cause *naturali*, sia mercè dell'opera *artificiale* dell'uomo, la è cosa sulla quale ogni ragionevole dubbiezza è all'intutto impossibile. Fra le cagioni naturali che, a produrre le

variazioni concorrono, primeggiano il clima e la temperatura, perocchè gli esseri tendono sempre a mettersi in rapporto, a costituirsi in armonia con la natura che li circonda. Sono notissime, per esempio, le variazioni che, a seconda del clima, subisce la pelliccia ed il vello degli animali lanuti, criniti ecc. Per una spontanea tendenza al *polimorfismo*, le varietà delle piante e degli animali si moltiplicano continuamente: i Botanici punto non dubitano che il pino silvestre nano e mostruoso sia nato fortuitamente: un ramo di pino silvestre comune fu il progenitore degli innumerevoli rappresentanti di qnesta varietà. Narra il De Candolle che il castagno a doppio fiore, sparso e diffuso oggimai in tutta l'Europa, nacqne accidentalmente sopra un castagno comune nei dintorni di Ginevra nel 1824. — Ma più ancora delle naturali ed accidentali cause di variazione, influisce sulle trasmutazioni del mondo vivente l'opera umana, la quale sa profittare della *fecondazione artificiale*, per creare qnasi all' infinito novelle varietà. Portando il polline dove meglio le aggrada, essa costringe la docile e pieghevole Natura a darle fiori doppi o pieni, rose, renoncoli, anemoni, camelie, crisantemi, dalle più svariate forme, dai più vivi colori, veri fiori di lusso e di fantasia, orgoglio e delizia delle stufe e dei giardini. Lo stesso dicasi della natura animale, cui l'uomo sa foggiare, plasmare a talento, creando, con la elezione e con la educazione, varietà, che sono modelli di perfezione, e qualche fiata ancora (conviene dirlo) modelli di vere caricature di cani, di cavalli, di maiali, di buoi ecc.

La variabilità degli esseri viventi, così genericamente enunciata, è adunque una incontrastabile verità. — Ma fin dove può spingersi cotesta mutevolezza? — Si arresta ella agli *individui* ed alle *varietà*, ovveramente può andare sino a trasformare le *specie*? — È questo il punto dove i Naturalisti non sono punto più unanimi.

Quasi tutti, fino a questi ultimi tempi, ed oggi ancora la maggior parte dei Naturalisti francesi stanno per l'assoluta immutabilità delle specie. — Uno dei più recenti ed autorevoli scrittori di questa Scuola, il Sig. Faivre, nella sua dotta opera intitolata *La variabilité des*

éspèces et ses limites, adduce in favore della sua tesi molti e gravissimi argomenti. Tale è, per esempio, l'immensa estensione geografica delle *stazioni* di certe specie. Come si può egli mai ammettere (chiede questo Autore) che le specie si cambino e si trasformino, quando l'esperienza ci dimostra che, sotto i più differenti climi, e in mezzo alle più opposte condizioni, certe specie rimangono perfettamente identiche, senza deviare punto dal comune loro tipo? Il tigre reale è restato lo stesso, dalle isole della Sonda, fino alla più boreale Siberia; gli giaguari non cambiano affatto, dall'equatore, fino al 40° di latitudine. Trovasi lo stesso cressone di fontana, nelle acque di Madera e delle Canarie, ed in quelle della Russia. Vi hanno felci e licheni, che sono piante cosmopolitiche, universali. Fra le innumerevoli piante, che i due continenti si sono contraccambiate, il Sig. De Candolle dichiara di non conoscerne pur una, la quale, trapiantata, sia divenuta lo stipite di una razza novella. A malgrado di tutti i nostri giardini botanici e di tutti i nostri musei di acclimamento, a malgrado di tutti gli sforzi dei nostri educatori, le specie, trasferite sopra un nuovo suolo, in un aere novello, sottratte alle abituali loro influenze, rifiutano spesso di piegarsi alla nostra tirannide; e protestando contro la nostra violenza, se ne vendicano con la più refrattaria sterilità. L'uomo bensì trionfa talvolta di queste riluttanze e di queste ritrosie, e riesce a creare qualche varietà, a produrre qualche razza; ma il suo potere non è già sconfinato: davanti alle invincibili resistenze delle specie, si arresta ed esinanisce. L'*Ibridismo* crea il grande, insuperabile ostacolo; quando la specie è tocca o scossa, la sua fecondità si ferma e si isterilisce. Gli stalloni *puro sangue* sono quelli che hanno un minor numero di discendenti; e tutte le razze troppo perfezionate, e come spinte a forza verso una determinata direzione, sono le più difficili a propagarsi. Lo stesso fenomeno si verifica nel mondo vegetale. La sterilità (scrive il botanico Lindley) è una malattia comune fra le piante coltivate.

Le specie modificate dall'uomo tendono invincibilmente a ritornare al tipo loro primitivo, se l'uomo non continua incessantemente

a tenerle a forza nell'artificiale cerchia, in cui le ha racchiuse. Il cane, ridivenuto selvaggio, dimentica l'abbaiare e si scava una tana. — I colombi, tenuti lontani dalle domestiche colombaie, riprendono tosto le abitudini del colasso.

Il Sig. Faivre invoca pure in suo favore quel singolare fenomeno, che i Naturalisti ed i Medici chiamano *Atavismo*, e che consiste nella repentina apparizione dei caratteri, i quali hanno appartenuto a parenti, ad avi, sovente molto remoti ed antichi. Questi ritorni ad un passato, che si credeva spento per sempre, non palesano essi una tendenza alla tenace conservazione delle specie, una occulta ed arcana fedeltà della Natura a' suoi tipi immanenti ed invariabili?

Abbiamo già veduto di sopra come la fecondità sia, di tutte le funzioni, la prima ad esser tocca e scemata nelle razze troppo rimaneggiate. Essa è spenta affatto in molti *Ibridi*, individui nati dall'unione di specie diverse, e diminuita in enorme proporzione nei *Misticci*, prodotti dell'unione fra individui appartenenti a razze distinte della medesima specie. Nella Natura, a dir vero, i connubi fra specie differenti sono assai rari: tra i vegetali, il Sig. Decaisne non ne ammette che *venti* soli esempi avverati. Più eccezionali ancora sono gli ibridi animali. Vidersi però incrociamenti di cane e lupo, di cavallo e zebra, di giumento e di cuagga e, nella cattività dei serragli, di sciacallo dell'India con quello del Senegal, di dauw e di zebra, di tigre e lione.

Era già antica opinione che *tutti* gli incrociamenti di specie diverse fossero assolutamente condannati alla sterilità. — Ma una più accurata osservazione l'ha chiarita non vera. Tra i vegetali, nulla di più agevole e di più frequente, che le fecondazioni nei gruppi delle nicoziane, delle dature, dei tassiverbaschi, delle petunie, delle cucurbite ecc. La credenza degli Antichi nella assoluta infecondità di tutti gli ibridi, fondavasi sul fatto della sterilità del mulo, ibrido dell'asino e della cavalla. Ma questo fenomeno è ben lungi dall'essere la generale espressione di una legge. Talora l'ibrido è fecondo con l'uno dei riproduttori: tale è il caso dei prodotti ottenuti dall'accoppiamento dell'emione con l'asina, e

quello del pari degli ibridi vegetali provenienti da differenti specie di tabacchi. Talvolta gli ibridi si fecondano reciprocamente e riproduconsi durante una lunga serie di generazioni. Buffon ha ottenuto quattro successive generazioni dalla congiunzione del cane con la lupa, e da quella del cane collo sciacallo. Sopra trent' otto ibridi di specie vegetali, ottenuti e descritti con somma cura dal Sig. Naudin, nove soltanto si palesarono sterili: tutti gli altri furono fecondi; talchè, in fatto, la sterilità degli ibridi, ben lungi dall'essere la regola, siccome credevasi un tempo, sembra non essere, invece, che la rara eccezione.

Il Sig. Faivre e gli avversari della variabilità delle specie non negano punto queste recenti scoperte, riguardanti la ibridazione; ma a favore della loro tesi, osservano però ancora che i successivi accoppiamenti degli ibridi fecondi tendono a ricondurre a poco a poco le forme organiche dei prodotti, sia verso l'una, sia verso l'altra delle forme primitive: i caratteri, per alcun tempo confusi, si dissociano; i discordanti elementi si rispingono; e le generazioni ibride non dànno mai luogo alla apparizione di specie novelle, ma bensì invece al ritorno delle specie originarie, un momento solo obbliterate.

I tipi organici (così proseguono i fautori di questa dottrina) sono per cotal modo costanti ed immutevoli, che non vi ha, dalle prime origini dei tempi storici, un solo esempio di creazione di nuove specie, o di radicale modificazione delle antiche. A convincersene, basta esaminare i Musei e le collezioni più antiche, gli erbari della fine del XVI.° secolo conservati in Upsala od a Basilea, la descrizione della flora alpina lasciataci da Giovanni Ray nel 1652, le conchiglie, le castagne, le olive sepolte nell'anno 79 sotto i lapilli e le ceneri del Vesuvio a Ercolano ed a Pompei, le descrizioni anatomiche di Aristotele e di Galiano, le grane e le ossa trovate nei monumenti egizi, le ligniti raccolte nelle antiche torbiere della Svizzera. Tutte le forme vegetali ed animali delle specie, viventi in quelle epoche perdute nella notte dei tempi, sono, insomma, identiche alle attuali.

Tali sono, in sostanza, gli argomenti sui quali riposa la supposta *Invariabilità delle specie*; e nessuno certo vorrà accusarci di averne attenuato la forza ed il valore.

Ma contro questi argomenti o, per dir meglio, contro le illazioni che i Naturalisti della scuola francese vollero trarne, militano, a mio giudizio, vittoriose risposte, sulle quali appunto si fonda la nobile teoria Darwiniana, ch' io ho, in altra parte di questo mio Corso, riassunta.

Per cominciare dall' ultima delle surriferite induzioni, da quella cioè che consiste nello invocare i ricordi storici, per dimostrare come nessuna specie novella sia apparsa mai, entro il periodo al quale questi ricordi si estendono, dovrò io spendere, o Signori, molte parole, per dimostrarne l'assoluta e, quasi direi, risibile inanità? Ma che cosa sono, di grazia, i *tempi storici*, nell' indefinito corso delle età? Se l'epoca alla quale rimontano le origini umane è (come io dimostrerò nella mia ventura Lezione) di gran lunga più antica di quella a cui le volgari tradizioni la fanno risalire, essa è pur tuttavolta un mero istante nel tempo, in comparazione dei periodi che furono necessari alle naturali forze, per produrre quei cambiamenti, che nella struttura del nostro pianeta ci sono, d'altronde, con estrema evidenza attestati dalla successione dei vari terreni stratificati od eruttivi. E poi, ammettiamo pure che le forme organiche attuali abbiano durato le migliaia de' secoli inalterate ed identiche; e che perciò? Se queste forme *durarono*, quante non sono quelle che *sono scomparse!* Quante non sono le specie antiche premorte, e le specie novelle che fecero la loro apparizione! Vi fu un tempo, in cui i Sauri, dei quali noi raccogliamo le ossa colossali, popolavano la Terra; poi i Sauri si dileguarono, e vennero i giganteschi pachidermi. Anche questi poscia cessarono, e succedettero loro i mammiferi attuali. Vi furono dunque, nella storia della Terra, periodi nei quali molte specie *veramente nuove* comparvero; e ciò che è il mistero dei misteri, ciò che forma il nucleo del problema della Vita, non è già di veder durare una specie, fosse pure per un tempo prodigiosamente lungo, ma si è di vederne nascere di

nuove. Talchè (ben dice, a questo proposito, il Sig. Augusto Laugel) la paleontologia, che svolge dinanzi a noi una serie interminata di figure, che rimette sotto ai nostri occhi, chiuso negli angusti limiti della classificazione, ciò che ha riempito l'infinita durata dei tempi, può sola fornire il vero punto di veduta, per contemplare l'opera della creazione: se non guardiamo che al presente, noi facciamo come colui che vorrebbe giudicare di un quadro da una sola pennellata, di un melodramma da una sola ottava.

« Il problema della origine delle specie (osserva il citato Sig. Laugel) si presenta definitivamente sotto questa forma: le *specie* esistono esse realmente? Devesi egli sotto questo vocabolo intendere il concetto di tipi invariabili, immutevoli, oppure non deve esso applicarsi che a categorie organiche, abbastanza fisse e durevoli per agevolare bensì le nostre metodiche classificazioni, ma che in sè non possiedono alcuna fissità assoluta? Lo stesso dubbio applicasi a quelle altre categorie, che noi chiamiamo generi e famiglie. Il mondo trasformasi esso mercè della creazione miracolosa di specie novelle, oppure mercè di una insensibile e continua metamorfosi? L'esperienza ha sparso poca luce su questo problema. Se i fautori della invariabilità delle specie pongono in mora i loro avversari di produrre specie novelle, o di mostrarne alcuna che la Natura ella stessa abbia estratta da specie anteriori, i partigiani della variabilità possono bene, dal canto loro, domandare in qual momento, in quale paese siasi veduta comparire, repentina e compiuta, una specie nuova. Quando una scienza dottrinaria afferma che il polimorfismo delle razze incontra confini invalicabili, questa affermazione difetta di prove. Tutti coloro che hanno studiato le operazioni della Natura, ben sanno ch'essa giammai non procede per salti e per isbalzi: la vita è una lenta addizione di forze; tutti i suoi effetti sono cumulativi. Essa sostituisce l'atomo all'atomo, la molecola alla molecola, l'elemento anatomico all'elemento anatomico. L'induzione (e poichè l'esperienza qui fa difetto, noi non possiamo altro consultare

fuorchè l'induzione), non invita ella rigorosamente la logica alla dottrina della creazione continua delle forme e dei tipi organici, siano essi le specie, i generi o le famiglie? Non è assolutamente necessario di avvincere una tale teoria alla dottrina di Darwin. Puossi ammettere, e pare anzi a noi molto probabile, che la Elezione naturale non sia il solo agente di variazione nel mondo animato. Può darsi che altre forze più misteriose e meno brutali concorrano a compiere il naturale disegno ed a rinovellare la faccia della terra durante l'interminata serie dei secoli. La concorrenza delle specie, la battaglia della vita, sono un possente mezzo di eliminazione, piuttosto che uno strumento di rinnovazione. La naturale elezione conserva, secerne, sceglie i lineamenti organici; per ispiegarne la origine, fa d'uopo scendere nelle profondità della vita, interrogare gli arcani fenomeni della fecondazione sessuale, cercare, nella genesi stessa e nella vita degli elementi anatomici, le cause della flessibilità, della variabilità innata, le quali caratterizzano tutti gli esseri organizzati. Siccome accade quasi sempre nelle scienze, egli è studiando i fenomeni più umili e più volgari, che si giunge alla intelligenza dei più difficili. Il problema della origine delle specie sarà più probabilmente risoluto dapprima nel mondo vegetale, anzichè nel mondo animale. Continuate e ben dirette esperienze sveleranno forse un giorno il secreto e le leggi della variabilità vegetale: la vita animale è meno docile e meno flessibile ».

Checchè di ciò sia, un fatto è assolutamente irrefragabile: la successione paleontologica delle specie, lo spegnimento di specie antiche, l'apparizione di specie novelle. — Ora questo fatto non può spiegarsi che in due soli modi: o mercè della creazione istantanea, repentina delle nuove esistenze; o mercè della lenta trasformazione delle antiche. Quest'ultimo modo (ci si dice) è singolare e meraviglioso. Ma (domandiamo noi) è forse meno maraviglioso e più agevole a comprendersi il primo? La dottrina delle lente trasformazioni trova almeno un poderoso o saldo punto di appoggio nelle scoperte della geologia, le quali

(io l'ho provato nelle mie lezioni VII.ª ed VIII.ª) non ci lasciano oramai più dubitare dell'esistenza di una legge di continua progressione nello svolgimento delle forme organiche sopra la Terra, talchè ai tipi più umili e più bassolocati, che apparvero primi, succedono i meno imperfetti, e poi, man mano, i più complicati, sino ai mammiferi ed all'uomo. Tra due spiegazioni, ardue entrambe e meravigliose, ogni più volgare regola di logica e di sana filosofia consiglia ad ammettere la meno ardua e quella altresì che, supponendo meno direttamente l'infrazione delle leggi naturali, è più conforme al generale e quotidiano andamento della Natura.

Tra gli oppugnatori di questa teoria, alcuni (io ben lo so), ve ne sono i quali, con poca buona fede, perfidiando sulle altrui intenzioni, la accusarono siccome materialistica ed irreligiosa, e siccome tendente ad abolire l'idea della *Creazione*, epperò del Creatore, dando alla Natura i mezzi di far uscire, per propria spontanea elaborazione, le specie le une dalle altre, ed escludendo, per conseguenza, gli interventi diretti, ripetuti, miracolosi e personali di una potenza creatrice soprannaturale. Io dovrò, nell'ultima ventura Lezione di questo mio Corso, trovarmi di bel nuovo a fronte di una obbiezione di cotale natura, alla quale mi sarà, per mia fede, agevole assai il vittoriosamente rispondere. L'ammettere che la Natura è dotata di una potenza rinnovatrice, non esclude punto il concetto di un Autore primo che di quella potenza ha fornito la Natura. Tutto lo scalpore che da taluni si va facendo contro il supposto materialismo, contro il preteso ateismo della scienza moderna, riposa sopra un singolare e deplorevole equivoco. Si crede, o si finge di credere, che la moderna scienza sia animata da quello stesso spirito negativo, polemico ed essenzialmente demolitore, che ispirava già i filosofi dello scorcio del passato secolo. Or bene, nulla di comune fra queste due tendenze, nulla di simile fra queste due scuole. Mentre allora non miravasi che a distruggere, non si cerca in oggi che di edificare. Non è per raccogliervi, come in un vasto arsenale, le armi per una nuova guerra contro l'Olimpo, che i moderni titani scrutano fin nelle

ime viscere la gran macchina della Natura; ma è ben piuttosto col nobile e santo fine di trovarvi i mezzi per migliorare moralmente non meno che fisicamente l'umanità, e per alzare il concetto ch'ella dee farsi dell' ordine e della armonia universale. Riserbandomi, come dissi, a ritornare su questo argomento, giovami qui intanto far mia la bella confutazione che dell' accennata accusa faceva recentemente il già citato signor Laugel. « Chi non vede (dice egli) che, se il filo della creazione resta, nella teoria di Darwin, sospeso ad alcunchè di ignoto, rimane almeno saldo ed intero in tutta la sua lunghezza; nell'atto che, invece, nella teoria della creazione discontinua, quel filo si spezza in una moltitudine di frantumi? Da un lato, vi ha un solo mistero, un miracolo solo, se vuolsi adoperare qnesta parola; dall'altro lato, evvi un miracolo ognora ripetuto, per ogni miserabile mollusco, per ogni erba, per ciascun insetto, per qualsiasi forma organica nuova. Vi saranno veli sempre fra la natura e l'uomo; ma non è in verità necessario di moltiplicarli, di sovrapporne le pieghe. Le parole, che dovrebbero essere le ancelle del pensiero, ne divengono troppo sovente le tiranne. Parlasi di miracolo, come se il miracolo esser potesse altra cosa, fuorchè un fenomeno la cui legge è sconosciuta. L'ordine umano può essere sì violato; l'ordine universale nol può essere mai. La potenza creatrice non ha nè fantasie nè capricci. La pretesa separazione (dice con molta ragione il duca di Argyle, uno degli avversari di Darwin), tra ciò che è nella natura e ciò che è fuori della natura, è uno smembramento della verità. Che la creazione sia continua o discontinua, essa non compie le sue opere se non adoperando le leggi eterne. La teoria di Darwin, ben lungi adnnque dallo essere la negazione dell' ordine universale, è una solenne affermazione di quest' ordine medesimo: essa non iscaccia dalla natura le forze creatrici, chè anzi assoggetta a queste forze la natura in ogni tempo, in ogni luogo, come farebbe una molle argilla che sarebbe perpetuamente modellata da una ispirazione senza posa e senza fine ».

Siami a ciò permesso di aggiungere che se, in un Corso di Fisica del globo, si studiano le *cause seconde*, ciò non vuol punto significare che si nieghi la *causa prima;* e che, se il còmpito della Fede è di credere veracemente e sinceramente a quest'ultima, il dovere della Scienza si circoscrive nella ricerca dei modi di operare delle cause seconde. E, a questo titolo, le scoperte di Carlo Darwin, di questo laborioso osservatore e modesto filosofo, che in privatissima e intemerata vita nella sua terra di Kent, ha cotanto ampliato l'impero delle umane cognizioni, devono, a parer mio, collocarsi fra i più grandi progressi che le scienze abbiano fatto, dai tempi di Aristotele in poi. Il fecondo principio della *Continuità* o della *Connessione* universale, che tutta invade e domina la Natura, non ricevette mai, dopo le immortali opere di Lyell, una più eloquente conferma, di quella che dal libro *On the Origin of Species* gli è venuta; ed io non doveva, per fermo, ristarmi dal farne tesoro in questa mia umile fatica, il cui finale oggetto è quello appunto di porgere del principio della Continuità la prima dimostrazione completa, che sia stata presentata finora a' miei concittadini.

V.

Una osservazione alla quale si è spontaneamente tratti quando si considerano i rapporti fra l'uomo e gli altri animali, si è quanto sia piccolo e scarso finora il numero di questi esseri che la nostra specie ha saputo addomesticare e piegare ad usi a lei vantaggiosi. Fra i tre regni della natura, si direbbe quasi che l'uomo non ha finora esteso il suo dominio sui loro prodotti, se non in ragione inversa del grado che occupano nella scala gerarchica degli esseri: più esteso e meglio assicurato sul mondo minerale, il suo impero è assai meno assoluto sul vegetale, e meno ancora sull'animale.

In tutto, non si conoscono oggi che *quarantasette* specie di animali certamente *addomesticate*, cioè allevate dall'uomo nelle sue abitazioni, col fine di trarne profitto in qualche guisa. E notisi che la massima parte di queste specie furono addomesticate nei tempi antichi; ben poche sono quelle che vi ha aggiunto la civiltà moderna, l'ultima delle quali, portata in Europa, è il pollo d'India, la cui addomesticazione europea data da oltre tre secoli.

Aspettiamo con vivissimo desiderio l'opera che su gli *Animali Domestici* annunzia di prossima pubblicazione il Darwin, sicuri di trovarvi quel felice contemperamento di accurate e pazienti osservazioni dei fenomeni e di filosofica induzione delle leggi, che forma il gran pregio di questo impareggiabile Naturalista.

Su quarantasette animali addomesticati, poco più di una trentina sono quelli che si hanno nell'Europa centrale e meridionale; fra questi trovansi circa una dozzina di mammiferi, e quasi una ventina di uccelli.

I mammiferi domestici che mancano alla media Europa sono dieci, e tutti ruminanti. Il *renne* non vive che nei paesi boreali, ove è utilizzato specialmente come animale da tiro; due specie di buoi *(gayal* e *arui)* sono troppo poco noti; il *bufalo* è proprio dei paesi caldi; il *zebù* è anch'esso una specie di bue; il *camello* ed il *dromedario* (le *navi del deserto*) potrebbero vivere nell'Europa meridionale.

Oltre alla *domesticazione*, ossia all'arte di convertire ad utilità umana le specie selvagge, si cerca oggidì con lodevole zelo di praticare l'*acclimamento*, cioè l'arte di introdurre nei nostri paesi animali già domesticati altrove; non che la *naturalizzazione*, ovvero l'arte di introdurre fra noi (addomesticandoli o no) animali selvaggi di altre contrade.

Fra gli animali, il cui acclimamento meglio prometta in oggi di riuscire, sono il lama e l'alpaca, quadrupedi lanuti dell'America meridionale e centrale, il cui vello è molto stimato.

Si è pensato, del pari, ad introdurre in Europa varie specie selvatiche straniere, come selvaggina da cacciare. Tali sono due

specio di cervi asiatici, quattro marsupiali erbivori della Nuova Olanda, e lo struzzo d'Africa.

Si tentò, finalmente, di importare specie selvatiche forestiere, per domesticarle in Europa, cercandole fra gli animali dei paesi più caldi, piuttostochè fra quelli dei più freddi; stantechè abbia l'esperienza provato che i primi si acclimano meno difficilmente. Furono a tal uopo proposti: l'*agami*, uccello cui l'istinto indice di far pel pollame la guardia, che il cane fa per le gregge; il *dauw*, cavallo rigato bianco e nero, proprio dell'Africa; l'*emione*, altro cavallo dell'Asia; il *paca* e l'*aguti*, rosicanti della meridionale America, che dànno buone carni, simili a quelle dei conigli; il *tapiro* del Brasile e della Guinea, che darà carne, cuoio ecc.; certe grosse *antilopi*, che possono fornire carne, latte, pelle; il *capibara*, grosso rosicante dell'America meridionale; il *cangorù*, marsupiale, che può somministrare ottime carni e pelo lanoso; due gallinacci, il *marail* e l'*hocco*, dell'America, che forniscono carne ed uova; varie *anatre* ed *oche* dell'America, dell'Egitto, delle Sandwich, della Cina, delle Caroline, dell'Australia; gli *struzzi* della Nuova Olanda e dell'America; il *dromeo* o *casoario* della Australia; molte specie di *colombi* ecc. ecc.

Le *Società di Acclimamento*, i *Giardini* e *Musei Zoologici*, che si vanno tuttodì con lodevole gara diffondendo nelle città della culta Europa, sono, agli occhi del filosofo e del savio amministratore, da annoverarsi fra i più utili e benefici istituti, la cui propagazione non può che contribuire a spargere quella conoscenza degli infiniti tesori della Natura, che forma uno degli elementi più poderosi e più moralizzatori di una veramente civile educazione.

VI.

Ma, per quanto l'acclimazione possa modificare le condizioni e le abitudini delle specie viventi, l'opera dell'uomo incontrerà pur sempre certi limiti, cui non le è dato di poter valicare, e

che sono segnati dalle leggi naturali le quali presiedono alla distribuzione geografica degli animali. Il complesso di queste leggi costituisce appunto quella parte della Fisica del Globo, che ha ricevuto il nome di *Geografia Zoologica*, ed il cui essenziale oggetto è (come mi lusingo di aver dimostrato) di dividere la superficie del pianeta terrestre in varie *regioni* o *plaghe zoologiche*, caratterizzate da particolari *faune*.

Convien dire però che questo ramo della scienza è finora molto imperfetto, nonostante i lavori che ad esso hanno consacrati grandi uomini, come Buffon, Linneo, Saint-Hilaire, Flourens, Darwin ed altri.

Citerò ancora una volta, a questo proposito, il Chiar. Signor Prof. Omboni. — « Il trovare (dice egli) molti animali propri di certi paesi, altri comuni a molti, altri affatto cosmopoliti, come il cane e il cavallo, ha indotto i naturalisti a ricercare quali sieno le circostanze che favoriscono od impediscono la diffusione delle specie, e si ebbero da tali studi parecchi risultati molto importanti. Così si potè osservare che, in generale, per gli animali viventi nell'acqua e per quelli che volano per l'aria, la diffusione è più facile che per i terrestri, perchè nelle acque e per l'aria son più facili le comunicazioni, più uniformi la temperatura ed altre circostanze; laddove i terrestri hanno maggiori ostacoli nelle catene di montagne, nei fiumi (lungo i quali si diffondono alcune specie fino a grandi distanze) e più ancora nei mari: per lo che ci avviene di trovare animali terrestri imprigionati in certe isole, od in certi continenti. Sotto altri punti di vista, troviamo i carnivori più diffusi, perchè più facilmente rinvengono dovunque il loro alimento, mentre gli erbivori sono legati ai luoghi ove crescono i vegetabili di cui si nutrono; troviamo le correnti marine, i turbini, i venti ora aiutare, ed ora impedire la diffusione degli animali; e talvolta anche gli stessi uccelli intervenire in tale fenomeno, trasportando seco nello stomaco inalterate le uova di animaletti o gli animaletti stessi. Finalmente tra le cause che hanno un'azione sul fenomeno della

diffusione degli animali, troviamo l'uomo stesso, per opera del quale furono totalmente cacciati molti animali feroci dai paesi attualmente inciviliti, come il leone dalla Grecia e il lupo dalle Isole Britanniche, ed altri ne furono introdotti o perchè utili o perchè inseparabili parassiti, come i cavalli, i buoi, le pecore, certi topi, ed altri animali ora naturalizzati in America, nella Nuova Olanda ed in ogni altra parte della Terra ».

A quest'ultimo proposito, giudico qui opportuna ancora una osservazione che mostra fino a qual punto l'azione modificatrice dell'uomo possa estendersi. In tutta la storia dei Mammiferi, non vi ha forse un fatto più singolare di quello, che ci presenta il Cavallo nell'America del Sud. Nei tempi preistorici, questa parte del mondo ebbe già numerosa una specie cavallina *(Equus Curvidens)*, di cui vi si incontrano i fossili avanzi. Questa razza poscia scomparve affatto; e quando gli Spagnuoli approdarono, sul finire del XV.° secolo, al Nuovo Mondo, questo non possedeva un solo cavallo. Ma i cavalli che i compagni di Cortez, di Almagro, di Pizarro e di Hojeda vi recarono, si moltiplicarono per guisa, che attualmento nessuna regione del globo è più ricca di animali di questa specie, delle pianure dei Pampas e delle rive della Plata.

L'induzione erudita del Sig. Marsh, da me riferita in altra occasione, secondo cui la fosforescenza dei mari che bagnano il mezzodì dell'Europa, sarebbe notevolmente cresciuta nei tempi storici, a motivo della seguita distruzione dei grossi pesci, e della conseguente moltiplicazione dei piccoli infusori dei quali i pesci stessi fanno loro nutrimento, viene anch'essa, in un ordine di fatti alquanto diverso, a porgerci novella riprova della potente azione modificatrice, che l'uomo e le sue opere ed industrie esercitano sulle fisiche condizioni della vivente, come della morta Natura.

È volgare opinione che là dove grandi quadrupedi esistono, la vegetazione debba anch'essa mostrarsi lussureggiante. Ma questa opinione è poco fondata sul vero. Il Sig. Burchell, grande viag-

giatore, è il primo, a mia notizia, che abbia osservato come la comparazione fra i rispettivi pesi di un numero eguale di grossi quadrupedi erbivori di ogni contrada, potrebbe condurre ad assai singolari ed inaspettati risultamenti. Se noi prendiamo, da un lato, l'elefante, l'ippopotamo, la giraffa, il bue cafro, l'alce, tre o forse cinque specie di rinoceronte, in Africa; e dall'altro lato, in America, due tapiri, il guanaco, tre cervi, la vigogna, il peccari, il cabipara; e poniamo poi questi due gruppi l'uno accanto all'altro, troviamo le più enormi differenze fra la grandezza rispettiva: il primo gruppo è immensamente più colossale del secondo; eppure la vegetazione è, senza dubbio, molto meno sviluppata in Africa, che in America. Considerando questi ed altri consimili fatti, l'illustre Carlo Darwin a ragione osserva che, in ordine ai mammiferi, non esiste alcun necessario rapporto fra la *mole* delle specie e la *quantità* della vegetazione, nelle contrade ch'esse abitano; e che quindi, in paleontologia, sarebbe certamente un argomentare errato, il volere inferire dalla grossezza dei pachidermi fossili, all'esistenza contemporanea di una straordinariamente rigogliosa vegetazione.

Ad altre molto singolari ed importanti osservazioni ha condotto lo studio della Geografia Zoologica, in ordine alle relazioni esistenti fra i caratteri degli animali e la loro abitazione. Si è trovato, per esempio, che, nei paesi caldi, sono maggiori le varietà, il brio ed il numero degli animali, come già vedemmo accadere delle piante; — che quasi solo in America, dove la vegetazione è così poderosa, trovansi mammiferi a coda prensile, capace di appendersi ai rami, uccelli a becco seghettato, capace di reciderli; — che in Africa sono gli animali dotati delle più grandi orecchie, necessarie alla propria conservazione, in mezzo a vaste solitudini, dove di lontano può minacciare il pericolo; — che nella sola Australia sono i marsupiali; — che la statura di una data specie di animali tende ad esser maggiore nei paesi freddi che nei caldi, nell'acqua che sulla terra ferma; — che il colore degli animali è soventi volte in relazione con la loro abitazione, bianco in inverno

e nei paesi freddi, verde tra le erbe, bruno nel fango, sbiadito e pallido negli animali notturni, o in quelli che, vivendo sotterra, non sentono giammai l'impressione della luce.

Le migrazioni degli animali, e segnatamente dei pesci e degli uccelli fornirebbero qui opportuna occasione ad altre interessanti considerazioni, le quali però io sono costretto, per necessario studio di brevità impostami dalla economia stessa del mio lavoro, a passare sotto silenzio, contento abbastanza se le cose insino a qui discorse avranno potuto infondere nel mio Uditorio l'idea della sovrana bellezza di qneste speculazioni, e dell'intimo sintetico nesso che le collega a quelle, le quali alle precedenti nostre lezioni erano state argomento. — *Una*, in sostanza, è sempre la Natura, ed *una* quindi la scienza, che cerca scoprirne il divino magistero.

LEZIONE XXXI.

Antropologia ed Etnografia
Distribuzione Geografica
delle razze Umane.

SOMMARIO

Si chiarisce il metodo che si intende seguire nella presente trattazione, e se ne circoscrivono i limiti. — Sistema di Linneo; — di Bory-de-S.-Vincent; — di Blumenbach; — di Cuvier; — di Malte-Brun; — di Cloquet; — di Prichard. — Doppio ordine di questioni comprese nella moderna *Antropologia:* la *Paleoetnologia* e la *Etnologia.* — Antichità dell'Uomo. I *Pfahlbauten.* — Le *Terremare.* — I *Kiæckenmædings* ecc. — Età della *Pietra*, del *Bronzo* e del *Ferro.* — L'Uomo delle Caverne. — La flora e la fauna delle età umane preistoriche. — Il cranio del Neanderthal. — Scoperte nei terreni Postpliocenici. — Scavi nel Pliocene di Savona. — Tentativi per fissare una cronologia preistorica. — Esame del problema fondamentale della Etnologia: posto che occupa l'Uomo nell'Universo. — L'*Indice Cefalico:* tipi *Brachicefali*, *Dolicocefali*, *Ortocefali*, *Mesocefali:* classificazione cefalica delle razze umane; popolazione della Grecia e dell'Italia antiche e moderne. — Il *Prognatismo* e l'*Ortognatismo.* — *Norma verticalis, occipitalis, frontalis.* — *Angolo facciale* di Camper. — I capi-lavori dell'Arte antica. — Alberto Durer. — Le *Cause finali.* — L'Ordine dei *Primati.* — Fallacia della denominazione di *Quadrumani.* — Gli studi linguistici e loro grande importanza, come complemento della Fisica del Globo. — Le razze *Ariane* e le *Turaniane.* — I primi abitatori dell'Europa. — I *Liguri* antichissimi. — Conclusione dell'Opera.

I.

Signori,

« Troppo incompiuto sarebbe il quadro generale della Natura, ch'io vado disegnando, se non mi accingessi a descrivere egualmente, con alcuni spiccati lineamenti, la *Specie umana,* consi-

derata nelle sue gradazioni fisiche, nella distribuzione geografica de' suoi tipi contemporanei, nella influenza che le hanno fatto subire le terrestri forze, ed in quella che, di ricambio, a volta sua, ha ella medesima, comechè più fiocamente, esercitato su queste ultime ».

Quasi tre lustri sono trascorsi, dacchè, sul punto di dare l'ultima mano al grande e celebrato lavoro, che incoronò il suo monumentale edificio scientifico, l'immortale Autore del *Cosmos* vergava queste parole, le quali sono un programma per chiunque intraprenda l'arduo compito di descrivere, nelle sue generali forme, la vita dell'Universo. Da quell'epoca insino al giorno presente, le questioni relative alle origini, ai caratteri fisici ed alla geografica distribuzione della specie umana, si cattivarono in modo veramento insolito l'attenzione e lo studio dei filosofi e dei naturalisti, ricevendo inaspettata luce dai progressi, che andavano simultaneamento facendo la zoologia, la paleontologia, l'etnografia e la linguistica.

Se non che, rinnovando per la millesima volta un'amara esperienza, che i cresciuti lumi e gli ingentiliti costumi ci davano qualche diritto di sperare confinata per sempre nelle memorie di un triste e vergognoso passato, l'intolleranza settaria ed il cieco fanatismo si fecero pur troppo sovente strada nelle calde ed animate controversie, alle quali cotesti gravi problemi chiamavano e scuole e scienziati. Ed oggi ancora io non sono punto così ingenuo, da indurmi a credere che, nonostante la tranquilla e serena calma dello spirito che io ho l'intima coscienza di portare in questo come in tutti gli altri ordini di studii al mio subbietto attinenti, sia per toccare in sorte a me il privilegio che non fu a tanti altri conceduto, tuttocchè a me infinitamente superiori per dottrina e per autorità, di vedere cioè da certuni con lealtà e con buona fede combattuti quei giudizi, che per avventura urtassero con opinioni, le quali io mi dichiaro pronto a rispettare, sempre quando non scendano in campo armate del dente velenoso della calunnia a modo di D. Basilio, più non potendo brandire la face di Torquemada.

Digitized by Google

A me basta la certezza, ch' io porto profonda nell' animo mio, che ogni onesto e discreto estimatore riconoscerà come, in tutto questo mio lungo e pensato lavoro, sia stato continuo ed incessante mio studio di non dipartirmi mai dalla norma che a me stesso aveva prestabilita incominciandolo, di esporre cioè candidamente e senza subdole reticenze, come altresì senza temeraria spavalderia, la verità e null'altro che la verità, o ciò che tale sinceramente essere io credo. Egli è fortunatamente, e di gran lunga, passato il tempo in cui la scienza si facea servire come arena di polemica o come strumento di demolizione; e se anche lo spirito volteriano fosse tuttora di moda, questa pur mai non sarebbe la mia. Nello enumerare le insigni scoperte, con le quali le moderne investigazioni scientifiche hanno cotanto ampliato il regno della naturale Filosofia, io non ebbi altro scopo, che quello di contribuire, nell' umile sfera delle mie forze, alla grandezza ed alla gloria della nostra patria.

In quanto alla taccia di *materialista,* che fu tante volte scagliata contro i maestri i più insigni, dei quali ho procurato coordinare, in questo lavoro di sintesi, le idee, se mai piacesse a taluno di lanciarla eziandio contro il modesto autore delle presenti pagine, dichiaro, nella coscienza che ho profonda di non meritarla, che essa non mi commuoverebbe punto nè poco. Occuparsi delle cause seconde, non è già (appositamente ne ripeto la dichiarazione) lo stesso che negare l'esistenza delle cause prime; come studiare la vita della materia, non vuol già significare la negazione della vita dello spirito. Non vi ha, per fermo, che un giudice parziale e prevenuto, che possa trovare un legame necessario tra le dottrine della Fisica del Globo, ed un grossolano materialismo, che riguardi la storia del mondo come una anarchica successione di fenomeni, senza nesso, senz' ordine, senza direzione e senza scopo. In teoria come in pratica, io so fare alle leggi psicologiche e morali l' alto omaggio che meritano; e niuno che sia di buona fede potrà accusarmi di non aver veduto nella Natura, fuorchè il cieco, disordinato regno del Caso.

Digitized by Google

Delle imputazioni poi e degli astii che il sincero e religioso culto del vero potesse procurarmi, presso coloro che reputano delitto ogni dissenso dalle loro proprie opinioni, mi sarà sempre più che ampia consolazione la benevolenza, con la quale i costanti miei sforzi per la diffusione del sapere furono ognora accolti dai miei concittadini. « Il terreno sul quale noi dobbiamo seminare (diceva, non ha guari, a questo medesimo proposito, il chiarissimo Dott. L. Pigorini) non può essere più acconcio all'opera nostra. Spargiamovi il seme raccolto dalla scienza indipendente, e delle nostre fatiche ci compenserà in un avvenire non lontano la coscienza di avere reso un segnalato servigio alla nostra Italia, coll'avere concorso a bandire errori che sono causa tuttora di funestissimi disordini nella nostra politica costituzione ».

Reputo finalmente opportuno ripetere qui una osservazione, che mi avvenne già di fare più volte nel Corso di queste Lezioni, ma che nella occasione presente vuole essere più che mai ricordata; ed è che, essenzialmente sintetica essendo l'indole dell'opera da me intrapresa, mi sarebbe affatto impossibile lo apportare nella mia trattazione tutta quella copia di fatti particolari e di analitiche illustrazioni, che l'argomento, quando pur fosse studiato a parte e di per sè, comporterebbe. Io credo di avere, prima di scrivere, consultato quanto d'importante e di autorevole è stato detto e studiato sull'arduo problema; ma queste mie Lezioni non formano già una raccolta di staccate dissertazioni e di speciali monografie, in ciascuna delle quali le diverse teorie vengano diffusamente discusse; ma si invece costituiscono un unico tutt'insieme, destinato a ritrarre i grandi lineamenti ed i caratteri generali della vita del nostro Globo.

II.

Le differenze nel colore della pelle, nella forma del cranio e nelle altre più essenziali parti del corpo, e quelle, meno agevolmente percettibili, ma non punto meno caratteristiche le quali si

riscontrano nelle sociali instituzioni, nelle credenze e sovratutto nelle lingue delle diverse razze o varietà della specie umana, sono troppo manifeste e troppo ricisamente spiccate, perchè non avessero di buon' ora a far nascere spontaneo fra i dotti il desiderio di una razionale classificazione dei vari tipi a cui esse appartengono. Ma assai discordi rimasero a lungo i naturalisti e gli etnografi intorno alla scelta del criterio, col quale in quest' ardua indagine si dovesse procedere.

Tralascierò di accennare un gran numero di sistemi, ideati con lo scopo di assegnare all' Uomo un posto assolutamente a parte nella economia della Natura, sia dividendo gli animali nelle due grandi sezioni dei *Ragionevoli* e degli *Irragionevoli*, sia ripartendo l' intero mondo organico in tre regni, l' *Umano*, l' *Animale* ed il *Vegetale*, — sistemi essenzialmente fondati sul concetto che l' Uomo è, per la sua intelligenza, tanto al di sopra degli animali, quanto questi ultimi stanno, per la loro sensibilità, al di sopra delle piante.

Senza punto disconoscere i meriti di cotesti sistemi, siccome quelli che fanno il dovuto omaggio alla doppia natura dell' Uomo (vale a dire così ai suoi attributi morali ed intellettivi, come ai fisici), osserveremo però, con l' illustre Isidoro G. Saint-Hilaire, che essi hanno portato un assai scarso incremento al tesoro delle nostre scientifiche cognizioni. Molto più grandi sono invero i progressi che a queste ultime furono impressi da quei maestri, i quali non hanno tentato di fare alcun compromesso fra due distinti ordini d' idee, fra l' ordine fisico ed il psicologico, circoscrivendo invece rigorosamente la loro attenzione alle relazioni che esistono tra l' Uomo e le inferiori classi di animali.

È questa appunto la via che noi seguiremo nella sintesi antropologica, che stiamo per intraprendere. Lasciando alla psicologia ed alla metafisica lo indagare le leggi che si attengono alle facoltà spirituali della umana natura, noi ci limiteremo a considerare quest' ultima sotto il mero rispetto delle sue condizioni e potenze corporee, siccome uno degli elementi ed una delle forme della

vita del nostro pianeta. Chiunque ci muovesse rimprovero per questa necessaria limitazione del nostro programma, scagliandoci la solita accusa di materialismo, che si fa tanto sovente e tanto male a proposito sentire contro le tendenze dell' odierno movimento scientifico, mostrerebbe di non essere giunto ancora a formarsi una chiara ed esatta nozione di ciò ch'essere debba un Corso di Fisica del Globo.

Per queste medesime ragioni noi non insisteremo sui concetti di quella Scuola di Naturalisti, a capo di cui sta l' immortale Buffon; la quale, dopo avere in assoluto modo separato l' Uomo dagli animali, facendone un regno a parte, profondamente distinto dagli altri tre regni della Natura, preferì poscia di attenersi, giusta il costume di quel grande pittore e letterato della scienza, ad una mera descrizione, brillante ed artistica di cotesto regno umano, anzichè di scrutarne con scientifica austerità di analisi le province e gli scompartimenti.

Il sommo Linneo è il primo, fra i moderni filosofi, che abbia osato di classificare apertamente l' Uomo nel Regno Animale, senza punto paventare di offendere l' antica maestà di questo supposto re del Creato. Ei lo pone a capo dei Mammiferi, nell' ordine che appella dei *Primati*. Divide il genere *Homo* in due specie: 1.° *Homo Sapiens;* 2.° *Scimmia Troglodites*. Aspramente combattuto da Daubenton e da altri, e cedendo a pressioni che ci è ora difficile di bene estimare, Linneo si appigliò successivamente ad una classificazione delle razze umane, fondata sul doppio criterio della colorazione della pelle, e della parte del globo da ciascuna di esse abitata. Questo principio zoologico-geografico lo condusse a distinguere cinque razze fondamentali: 1.° *Americana-bruna;* 2.° *Europea-bianca;* 3.° *Asiatica-gialla;* 4.° *Africana-nera;* 5.° *Mostruosa*, destinata quest' ultima a comprendere le anomalie delle altre tutte.

Ma Bory De Saint-Vincent non tardò a porre in chiaro i gravi difetti o la singolare levità di questa arbitraria ripartizione, dimostrando che nessun continente possiede *in proprio* una specie o

razza peculiare ed unica di esseri umani; che la colorazione della pelle è un elemento, per quanto importante, troppo poco essenziale però, a fronte di tanti altri, da Linneo trascurati; e che, finalmente l'elenco da quest'ultimo ideato, è incompiuto ed inadeguato, anche geograficamente parlando.

Blumenbach nel 1779 oppose al Linneano un sistema suo proprio, nel quale separava l'Uomo dalle Scimmie, facendone un ordine a parte, sotto il nome di *Bimani*, ossia dotati di due mani. Nell'introdurre questa innovazione, il celebre tedesco sembra avere perfettamente compreso ch'ella non poteva essere giustificata senza chiamare in appoggio considerazioni psicologiche, le quali potessero avvalorare quelle, puramente anatomiche, su cui la distinzione e la denominazione stessa del novello ordine parevano fondate; perocchè nella prima edizione del suo *Manuale di Storia Naturale*, egli definiva l'uomo *animal rationale, loquens, erectum, bimanum;* nell'atto che poscia, nelle successive edizioni, si limitò esclusivamente ai due ultimi caratteri, vale a dire alla staziono eretta ed alla doppia mano *(animal erectum, bimanum)*.

A vero dire, i vocaboli *bimano* e *quadrumano* erano già stati adoperati da Buffon, fino dal 1766, ma non applicati propriamente ad una classificazione zoologica, prima di Blumenbach. Dodici anni appresso, il grande Cuvier addottò l'appellazione di ordine dei *Bimani* per la famiglia umana, costituendo le scimmie ed i lemuri in un separato ordine dei *Quadrumani*.

Ma rispetto a quest'ultima innovazione, Isidoro G. St. Hilaire si fa argutamente a domandare: come potrà ella mai reggere una tale divisione, ripudiata qual'è dagli Antropologi in nome della morale ed intellettuale primazia dell'Uomo, e dai Zoologi siccome assolutamente incompatibile con le naturali affinità e coi veri principii, che inspirar devono una scientifica classificazione? Separato come un gruppo di ordinale valore, posto dalla scimmia alla stessa distanza che separa quest'ultima dal carnivoro, l'Uomo (osserva l'insigne pensatore francese) è ad un tempo troppo vicino e troppo lontano dai più altolocati Mammiferi; — troppo vicino, se noi

prendiamo in esame quelle nobili facoltà le quali, innalzando l'uomo al di sopra di tutti gli altri esseri organizzati, gli assegnano, non solamente il *primo*, ma inoltre un *separato* posto nella creazione; — troppo lontano, se noi ci limitiamo a considerare meramente le affinità organiche per cui è unito ai quadrumani, e segnatamente alle scimmie, le quali, sotto il puro rispetto fisico, sono molto più vicine all' Uomo, di quel che sieno ai Lemuri.

Che è egli mai adunque (conclude il lodato naturalista) l'ordine dei Bimani di Blumenbach e di Cuvier? Un inattuabile compromesso fra due opposti ed irreconciliabili sistemi, — tra due ordini di idee, che sono chiaramente espressi nel linguaggio della storia naturale con queste due parole: il *regno* umano, e la *famiglia* umana. È questa evidentemente una di quelle mezze-misure, le quali hanno il difetto di non contentare nessuno, precisamente perchè tenderebbero a piacere a tutti; mezze-verità forse, ma anco mezzi-errori; perocchè quale altro nome, se non quello di errore, può avere nella scienza un mezzo vero?

Sono queste appunto le ragioni per le quali, non ostante la grande autorità di Blumenbach e di Cuvier, la maggior parte dei più eminenti zoologi moderni, respingendo il supposto ordine dei Bimani, riguardarono l'uomo semplicemente come una famiglia di un solo ed unico ordine, quello dei Primati.

Ma questo lato della questione dovendo nuovamente e più di proposito occuparci ancora fra poco, gioverà qui ritornare a Cuvier; il quale, proponendosi di classificare le varie razze umane, secondo i loro caratteri fisici ed etnografici e la loro distribuzione nelle varie parti del globo, distingueva: 1.° Una razza *Bianca-Caucasea*, originaria o irradiata dal Caucaso, suddivisa nei tre grandi rami, *Arameo* o *Siriaco*, *Indo-Germanico*, *Scita-Tartaro*; 2.° Una razza *Gialla-Mongolica*, scesa dall' Altai e dai pianori centrali d' Asia, e divisa nel ramo nomade *Calmucco* o *Kalkas*, e nel ramo civile *Manciuro-Cinese*; 3.° Una razza *Negro-Etiopica*, propria dell' Africa interna e meridionale. Intorno alle razze che prime popolarono le due Americhe e l' Oceania, il celebre Autore

del *Règne Végétal* dubita ed esita a proferire sentenza; ma il suo discepolo Lacepède è più esplicito, facendo, con Jefferson, Burton e Mitchell, venire dall'estremo oriente dell'Asia le selvagge tribù Americane; ipotesi che trova strenui avversari in Walkenaer e Pinkerton, i quali dimostrano come le lingue delle stirpi che si vorrebbero così accomunate, troppo differiscano fra loro, e che gli uomini delle alte latitudini asiatiche furono sempre troppo poco numerosi e di indole soverchiamente timida e destituita di forte spirito di iniziativa, per intraprendere così vaste o lontane migrazioni.

Il Malte-Brun, recando in questo problema così i pregi come i difetti della sua mente positiva e poco amica degli alti filosofemi, si attenne ad una classificazione puramente e strettamente geografica, distinguendo le umane razze, dal luogo che occupano sulla Terra, in 1.° Razze *polari;* 2.° Razza *finnica;* 3.° *Slava;* 4.° *Gotico-Germanica;* 5.° *Occidentale-Europea;* 6.° *Greco-Pelasgica;* 7.° *Araba;* 8.° *Tartara-Mongolica;* 9.° *Indiana;* 10.° *Malese;* 11.° *Nera dell' Oceano Pacifico;* 12.° *Bruna del Grande-Oceano;* 13.° *Maura;* 14.° *Negro-Africana;* 15.° *Africana-Orientale;* 16.° *Americana.* Classificazione cotesta che, se in parte bastar poteva agli umili e pedestri intenti della pura Geografia Descrittiva, inadeguata troppo si palesava a quelli di una filosofica Etnologia.

Facendo tesoro dei lavori dei summentovati scrittori e di quelli inoltre di Zimmermann, di Josephi, di Ludwig, di Smith, di Camper, di Gmelin, di Herder, di Virey e di altri ancora, il signor Cloquet propose una classificazione ecclettica, in cui reputò di avere tenuto il debito conto di tutti quanti i dati fisici, etnografici, geografici e linguistici, i quali rendono così complicato il problema, ripartendo in sette distinte razze il genere umano, cioè: 1.° *Bianco-Caucasea;* 2.° *Giallo-Mongolica;* 3.° *Nero-Etiopica;* 4.° *Iperborea*, varietà probabilmente della *Mongolica*; 5.° *Color di rame* o *Americana;* 6.° *Bruno cupa*, o *Malese;* e 7.° *Nerastra*, o *Australica.*

Digitized by Google

Ma le differenze di forme fisiche e di colore, e quelle di geografica distribuzione non sembrarono al celebre dottore Prichard sufficienti, per servire di caratteri specifici assoluti, e capaci di fornire il principio fondamentale di un metodico ordinamento delle razze umane. Le prove storiche, sovratutto quando elle siano raffermate dalle prove linguistiche, sono (al dire dell'erudito inglese) la vera base su cui possa erigere il filosofo una sicura o razionale classificazione, senza escludere però mai gli utili elementi, che può fornire anche la considerazione dei tipi fisiologici. Partendo quindi dalla tradizione mosaica, l'illustre e pio naturalista accetta non solo il dogma della unità della specie umana, ma quello eziandio dell'unico diluvio. Finita questa memorabile crisi noetica, gli uomini si separarono, irradiando verso tre distinte parti del globo, ma da un solo centro pigliando le mosse, che fu nelle pingui vallate di Ham, ove già sorsero superbe le moli di Ninive e di Babilonia. Il Prichard assiste quindi alle migrazioni, succedentisi le une alle altre, come onde di immenso mare, delle stirpi *Siro-Araba*, o *Semita*, *Egizia*, *Ariana*, *Ugriana*, *Turca*, *Mongola*, *Tongusa*, *Rotia*, *Cinese*, *Indo-Cinese*, che popolarono l'Asia e l'Europa; a quelle delle razze propriamente africane, che sono la *Nubica*, l'*Abissinica*, la *Sudanica*, l'*Ottentotta*, *la Boschimana*, la *Cafra;* delle *Pelagiche*, che popolarono l'Oceania, suddivise in *Malese*, *Polinesica*, *Alfurnica;* ed infine delle *Americane*.

III.

Come vedesi, il fondamentale problema dell'Antropologia, quale si era venuto progressivamente formolando, comprendeva due distinte questioni: l'una di ordine più alto e generale, tendente ad assegnare il posto che occupa l'Uomo nel sistema della Natura; l'altra, più specifica e secondaria, diretta a stabilire una non arbitraria ma razionale e positiva classificazione delle razze e delle varietà nelle quali la specie umana si divide.

Entrambe siffatte questioni sarebbero forse per lungo tempo ancora rimaste nello stato d'incertezza e di dubbio, in cui le avevano lasciate le indagini e le controversie dei pensatori e dei naturalisti, dei quali ho procurato di riassumere poco stante le idee, se in questi ultimi anni lo spirito di scientifica investigazione non avesse con affatto inusitata energia rinnovellato da capo a fondo tutto il sistema dei fatti e delle idee, su cui riposa l'*Antropologia*.

Le insigni e memorande scoperte che hanno contribuito a determinare questa grande rinnovazione (e potrei dire rivoluzione) scientifica, possono dividersi in due ben distinte classi, le quali se, da una parte, si unificano, rispetto al fine ed all'obbietto, in un supremo risultamento comune, sono però, dall'altra, troppo ricisamente distinte fra loro, perchè non sia qui prezzo dell'opera il riferirle partitamente.

La prima categoria delle investigazioni alle quali la moderna Antropologia va debitrice de' suoi più splendidi progressi, è quella che ha per oggetto ciò che si è oramai convenuto di chiamare l'*Antichità dell'Uomo*, e che il Sig. Dott. Pigorini ha assai felicemente designato col nome di *Paleoetnologia*. La seconda, che si propone di determinare le relazioni fisiche esistenti tra la razza umana ed il rimanente della creazione e sopratutto della creazione organica, classificando al tempo stesso geograficamente le varie razze umane, forma la *Etnologia* propriamente detta.

Riserbandomi adunque a riassumere con finale opera di sintesi, in sul chiudersi di questa lezione, le sparse fila con le quali coteste due scienze si appuntano in un'unica ed oramai gia robusta dottrina antropologica, piacciavi ora, o Signori, che procediamo analiticamente alla esposizione dei fatti principali, che alle due scienze medesime sono fondamento.

E innanzitutto, a quelli sui quali riposa la Paleoetnologia.

Per quanto le ricerche della moderna critica avessero già di lunga mano fatto presentire che notevolmente troppo breve era il periodo entro al quale le antiche tradizioni racchindevano la

umana cronologia, e che era affatto impossibile il ristringere nel solo lasso di poco più che sessanta a ottanta secoli la storia della nostra razza, duravano pur tuttavolta ancora, a tale riguardo, i dubbi e le incertezze, trovando prima di tutto alimento ed appoggio nella più comune ed al tempo stesso più autorevole interpretazione data al venerato racconto mosaico, ed inoltre nella deficienza di vere, e dirette prove sulle quali la scienza potesse fondare l' asserita prolungazione del summentovato periodo.

Ora però quelle prove sono venute con tale abbondanza e con tanto corredo di irrefragabili documenti, che ogni seria e ragionevole esitazione dee dirsi per sempre sbandita da questo punto dell' Antropologia.

Nella infinita varietà de' suoi rami, nessuno ce ne presenta forse l'umana enciclopedia, più acconcio di quello al quale facciamo ora qui allusione, a destare in supremo grado l'attenzione e l' interessamento di una mente che pensi e di un cuore che senta. Insieme alle ossa di animali appartenenti a razze oggi perdute, insieme agli scheletri dei capi di tribù composti accanto alle urne cinerarie nelle quali si raccolsero le ossa calcinate dei loro schiavi e delle loro mogli, vittime immolate sulla tomba del padrone e marito, vennero trovate dal paleontologo, nelle grotte, nei tumuli, tra le palafitte delle capanne lacustri, le grossolane scuri di silice di un' epoca in cui Prometeo non aveva ancora insegnato a fondere ed a trattare i metalli. Ivi si scopersero le ossa accuminate in punta, che il povero primitivo selvaggio foggiava ad ago, per cucire le rozze pellicce degli animali destinate a vestirlo e a difenderlo, assai imperfettamente, contro i rigori di un clima malsano. Ivi gli ami da pesca, e le frecce e le punte di lancia, e il cavo tronco degli alberi (antenato dei nostri *Great-Easterns* e dei nostri *Monitors*), che fu la prima navicella con la quale osasse l' uomo solcare l' infido elemento, e i noccioli delle frutta ed i frantumi di ambra, già foggiati (tanto sono antiche la superstizione e la vanità) ad amuleto o ad ornamento. Dinanzi agli occhi del filosofo, quei miseri ed umili monumenti di una età che precedette di molte

migliaia di anni la fondazione di Atene e di Roma non solo, ma quella eziandio di Tebe e di Meroè, hanno un valore incomparabilmente maggiore di quello delle Piramidi di Giseh o dell' Arco di Trajano; poichè, invece di leggervi scritta la vanità di un tiranno o l' ambizione di un conquistatore, egli vi sorprende il venerando segreto dei primi vagiti di una civiltà ancora bambina, e ne sa trarre argomento alle più solenni meditazioni.

Riannettendo la storia arcaica dell' umanità a quella dello svolgimento geologico del pianeta, le scoperte alle quali ora intendo accennare, conferirono a questa maniera di studi e d' indagazioni un grado di certezza, non pur sospettato dagli eruditi anteriori.

Fra le scoperte medesime, riferirò dapprima quelle le quali, pur facendo risalire, molto al di là dei tempi ch' erano per l' addietro ordinariamente chiamati *istorici*, le origini umane, non si riferiscono però ad epoche geologiche anteriori alla attuale, o si limitano a quelle che noi appelliamo col generico nome di *periodo recente*. Passerò poscia a quelle scoperte che, risalendo oltre ancora a quello stadio, ci fanno oramai sicuri che la razza umana ha assistito ad alcune delle geologiche evoluzioni o rivoluzioni (come piaccia meglio denominarle) pertinenti a quel periodo, che noi indichiamo col generico nome di *post-pliocene;* mentre altre scoperte ci rendono, se non egualmente sicura, almeno assai probabile la presenza dell' uomo nel periodo pliocenico. *(Vedi la Tavola a pag. 141).*

L' inverno del 1853 fu eccessivamente asciutto e freddo. I fiumi della Svizzera non ricevettero allora il consuetò volume di acqua, e la magra dei laghi scese ad di sotto dell' ordinario livello; talchè, in parecchi luoghi, un assai largo spazio restò scoperto sulle rive, e le parti meno profonde degli alvei si convertirono in isolette. Il Sig. Aeppli, di Meilen, sul lago di Zurigo, fu il primo ad osservare, nel letto di quel lago, certi avanzi di umana industria, e suppose subito con ragione che cotali oggetti potevano spargere qualche lume sull' antica istoria dei primitivi abitatori dell' Elvezia. Le scoperte che, poco stante, fece, più abbondanti e preziose,

sul luogo stesso, il Dott. Keller, provarono che quei vetusti popoli fabbricavano le loro abitazioni, al di sopra delle acque, per mezzo di palafitte sorreggenti le loro povere capanne di legno e di terra argillosa, e che essi doveano vivere, a un dipresso, come i Peonii, dei quali ci narra il vecchio Erodoto nel Capo V. della sua *Terpsicore*, là dove dice: « Su pinoli alti assai, confitti nel fondo del lago, dispongono tavolati, riuniti poscia insieme; un angusto ponte è l'unico passaggio che vi conduca da terra; su que' tavolati fanno le case loro, con una specie di trabocchetto sul lago; e per tema che i figliuoli loro cader possano da quel meato nelle acque, li attaccano al piede con una fune ».

Simili ai *Pfahlbauten* (così furono chiamati quei villaggi lacustri della Svizzera) si scopersero poscia numerose abitazioni acquatiche in Irlanda, ove sono appellate *Cranoges;* in riva ai seni o *Fiordi* che frastagliano le coste della Danimarca e della Scania; ed in mille altri luoghi dell'Europa, anzi de' due mondi. In Italia, il già mentovato Dott. Keller, il valente geologo Prof. B. Gastaldi, il Sig. Stoppani, il giovine Dott. P. Lioy, i Signori Strobel, Pigorini, ed altri, fecero simiglianti scoperte sulle sponde dei bellissimi nostri laghi cisalpini. Fra gli altri nomi di illustri scienziati che in questo campo più si illustrarono, citerò ancora quelli di lord Lovaine, di sir John Lubbock, di sir Charles Bunbury, di Carlo Lyell, di Alfredo Newton, in Inghilterra ed in America; del Sig. Boucher des Perthes, in Francia; dei Signori Troyon, Lahn, Uhlmann, Rütimeyer, Morlot, Heer, Vogt, in Germania ed in Isvizzera; dei Signori Steenstrup e Worsaae, nell'estremo settentrione; dei Signori Nicolucci, De Rossi, Ceselli, Cocchi, Foresi, Canestrini, Regnoli, Issel ed altri in Italia.

Dalla prevalente natura delle materie con le quali si trovano foggiati gli strumenti e le armi che si raccoglievano nei terreni, più o meno antichi, ai quali si estendevano le ricerche, l'epoca preistorica, a cui quegli oggetti e gli uomini che gli avevano adoperati rispettivamente appartenevano, venne ripartita in tre periodi o Età, le quali, nell'ordine inverso della loro vetustà. sono:

1.° L'*Età del Ferro*, 2.° L'*Età del Bronzo*, 3.° L'*Età della Pietra*.

L'Età del ferro confina e spesso si confonde con le prime fasi, storicamente assegnabili, dell'umano incivilimento; e da essolei comincia l'epoca alla quale si erano limitate le cronologie, innanzi che le scoperte summentovate venissero a portare tanto più in là, nella notte dei tempi, i confini della scienza archeologica.

L'Età del bronzo è stata fatta risalire a tempi anteriori alla occupazione Romana dell'Elvezia, della Gallia e delle altre contrade a settentrione delle Alpi. La maggiore facilità di trattare il rame e lo stagno, dalla cui lega quel metallo misto risulta, ne fece di lunga data precedere l'uso a quello del ferro, più difficile assai ad estrarsi dalla matrice. Nell'epoca in cui le armi e gli utensili di questo composto metallo erano in uso, un grado abbastanza uniforme di civiltà sembra avere prevalso sopra una vasta area della centrale e boreale Europa; e la lunga durata di quello stato delle cose nella Danimarca e nella Svizzera è (come bene osserva, nella sua classica opera *The Antiquity of Man*, Carlo Lyell) mostrata dai graduali perfezionamenti che vennero man mano introducendosi nelle arti utili e nelle ornamentali. Tali progressi sono attestati dalla crescente varietà delle forme, dalla maggiore finitezza e dalla più minuta ed artistica decorazione degli strumenti e degli arredi raccolti nei più moderni depositi della Età del bronzo, quali son quelli che trovansi negli strati delle torbiere, paragonati con quelli di più antica data, che si raccolgono nei terreni, appartenenti sempre all'epoca quaternaria, ma più antichi dei precedenti. Egli è da osservare altresì che il grande numero dei villaggi lacustri elvetici della età del bronzo (circa ottanta sono quelli oggi scoperti) e la popolazione relativamente numerosa che alcuni di essi sono atti a contenere, porgono plausibile argomento a supporre che un assai lungo lasso di tempo trascorse durante il quale quella lega metallica fu la prevalente materia delle arti; del che ci fornisce un'altra riprova lo spessore, non poco considerevole, dello strato fangoso che, in molti laghi, ricopre delle arti stesse i pro-

dotti. La molto disforme vetustà delle piccole repubbliche e colonie dell' epoca bronzea, viene attestata eziandio dai differenti gradi di decadimento che le palafitte di legno hanno sofferto, alcune di esse emergendo fuori dal fango più di altre, nell' atto che tutte quelle della precedente età della pietra sono invariabilmente immerse nel fango, ed in esso infracidite e decomposte.

I centri dei quali quella civiltà dell' epoca di bronzo ha irradiato, furono probabilmente assai numerosi e diversi e fra loro lontanissimi. L'eminente antropologo svedese Sveno Nilsson, già da trent' anni celebre per la sua grande opera intitolata *Skandinaviska Nordens Ur-Juvanare* (I primitivi abitanti della Scandinavia), ha recentemente pubblicato un nuovo dottissimo libro (*Andra omarbetade och tiltakta upplagan*) col fine di dimostrare principalmente che nè i Celti, nè i Goti introdussero l'incivilimento ed il bronzo nell' estremo Settentrione, ma sì veramente quei Fenici, dei quali io vi ho accennato, o Signori, in una delle mie prime lezioni, i viaggi boreali, ed i quali (secondo il Nilsson) stabilirono fattorie, eressero templi, introdussero il culto di Baal, e si fermarono nella Scandinavia, sino a rimanere il sangue loro misto e confuso con quello della aborigena popolazione. Io non potrei qui discutere questa opinione, così contraria alle nozioni comunemente ammesse dagli Archeologi, ma non per questo meno fondata sopra saldissimi argomenti. La ho voluta ricordare soltanto per mostrare quanto largamente diffusa fosse, nell' epoca del bronzo, la circolazione e la scambievole comunicazione delle mezzo-civili e semi-barbare genti, le quali avevano già compiuto immensi progressi, al paragone delle più arcaiche popolazioni della età della pietra.

E qui, prima di scendere a parlare appunto della Età della Pietra, cercando di penetrare con lo sguardo nelle fitte tenebre della più remota cronologia, gioverà domandare: perchè mai quei prischi popoli fabbricavano essi così sovente le abitazioni loro sullo palafitte sovrapposte al livello delle acque?

Digitized by Google

Semplice quanto soddisfacente è la risposta: *per difendersi*. Quelle case erano cittadelle, erano fortezze. I primi abitanti della boreale Italia e della Svizzera dovevano spesso lottare col cinghiale, col lupo, coll'orso e coll'urus; dovevano, sopratutto, lottare con un animale che sa essere, volendo, più feroce assai di tutte le belve, coll'Uomo, loro simile.

Non è necessario, del rimanente, risalire a tempi preistorici, per riscontrare viventi testimonianze di questa singolare architettura primitiva. Oggi ancora molte tribù selvagge o barbare vivono nella stessa maniera. I pescatori del lago Prasia, non lungi da Salonico, abitano tuttora capanne erette sull'acqua, come gia a' tempi di Erodoto. La città di Tcherkask è così del pari fabbricata, sul Don. Ma egli è nell'India orientale, in Oceania, sulle occidentali e meridionali coste dell'Africa, che cotesta usanza in principale modo prevale. Essa fu trovata dai viaggiatori a Borneo, nella Nuova-Guinea, a Celebe, a Solo, a Ceram, a Mindanao, nelle Caroline ed in moltissimi altri paesi. E non è questa la sola analogia tra i selvaggi attuali e quelli dell'antichissima Europa; voi potrete, o Signori, leggerne altre in gran numero nell'ultima parte del bellissimo libro del Sig. Giovanni Lubbock *Sull' Uomo preistorico*.

La costruzione delle vetuste piattaforme lacuali richiedendo, massime tenuto conto degli imperfettissimi strumenti dell'industria di allora, una enorme somma di lavoro umano, indica e suppone una numerosa popolazione. Il dotto Sig. Troyon tentò di fare una specie di censimento di quelle povere tribù lacustri. Il villaggio di Morges, sul lago di Ginevra ha 1200 piedi di lunghezza, e 150 piedi di larghezza, ossia una superficie di 180,000 piedi quadrati. Ammettendo che le circolari capanne, che lo formavano, abbiano avuto 15 piedi di diametro; ch'esse occupassero la metà della totale superficie, lasciando il rimanente pel transito, quell'erudito archeologo calcola a 311 il numero delle abitazioni. Se, in media, ciascuna di quelle casette avesse contenuto 4 persone, si avrebbe per l'intero villaggio, una popolazione di 1244 abitanti. Il Sig. Troyon

partendo da queste cifre, stima a 42,500 gli abitanti dei 63 villaggi da lui conosciuti dell' età del bronzo, e a 31,875 quelli dei villaggi della età della pietra, in Isvizzera.

I villaggi dell' età della pietra sono d' ordinario caratterizzati dalla presenza dei cosidetti *Steinberge,* ossia mucchi artificali di pietre portate dagli abitanti, per servire di fondamento alle palafitte. Ma oltre a questo metodo di architettura, i fabbricatori dei Pfahlbauten, ne avevano un altro: quello di configgere direttamente nel fondo fangoso dei laghi i loro piuoli di sostegno, senza il soccorso delle previe fondamenta di sassi.

Bisognava procurarsi il legname; e questa non era cosa sì facile, in un' epoca in cui l' uomo doveva aspettare chi sa quante decine o centinaia di secoli prima d' imparare a fondere i metalli, in un' epoca in cui non sapeva atterrare un albero se non con una scure di silice o col fuoco. I pali erano conficcati da 1 a 5 piedi nel fango, e si alzavano da 4 a 25 piedi sullo specchio dell' acqua, avendo una lunghezza totale da 15 a 30 piedi, ed un diametro da 3 a 9 pollici. La punta conficcata nel suolo porta sovente ancora le tracce del fuoco ed i grossolani tagli delle scuri di pietra. I pali lavorati nella successiva età del bronzo (anteriore però sempre anch' essa di molti secoli ad ogni memoria istorica propriamente detta) sono molto più regolarmente accuminati. Per farsi un' idea della somma di lavoro, che questa sola operazione dovette costare a quei poveri precursori di Palladio e di Brunellesco, basti ricordare che il sig. Lohle ha numerato fino 40,000 pali, nel solo villaggio di Wangen in Isvizzera!

Ogni secolo ha il suo simbolo nell' industria. La scure era in allora lo strumento per eccellenza, come la zappa e poi l' aratro lo divennero nell' epoca agraria, di cui l' età Romana è la più alta espressione, come la macchina a vapore è nell' epoca nostra. Quelle scuri (delle quali i nostri musei possiedono ora molte migliaia di esemplari), erano assai piccole e con manichi ed impugnature, che male si adatterebbero alle larghe mani del moderno montanaro. Tutto ci fa credere che (contro l' opinione di coloro

i quali vogliono vedere nell' uomo primitivo il modello della forza e della prestanza) quei nostri remoti antenati fossero di piccole ed esili forme e di una razza meno robusta e meno energica assai della nostra. Se lo tengano bene a mente i *laudatores temporis acti*; e sopratutto lo ricordino quei signori che, maledicendo ai modesti scolari di Darwin, pretendono (come ci fu detto testè da un letterato italiano) che l'uomo *discende* dagli angeli e dai cherubini!

Della stessa materia di cui erano fatte le accette e le scuri, cioè di silice, formavansi coltelli, teste di lancia e di freccia, rotonde boccie per macinare nocciuoli e poscia forse grano, pietre di fionda, ed altri rudimentali strumenti di un'arte primitiva e bambina. In alcuni villaggi lacustri si trovarono grossolani vasi ed utensili di terra cotta, il che prova che una incipiente industria eravi praticata. E ciò che dimostra forse che vi si faceva anche un certo commercio, si è che, fra quelli strumenti, se ne incontrano talvolta di fabbricati con specie di pietre appartenenti a rocce ed a terreni di natura diversa da quella del paese ove gli strumenti stessi si raccolgono.

Come tutti i selvaggi, i *Lacustrini* cercavano di trarre tutto il partito possibile degli animali che uccidevano: ne divoravano dapprima le carni, si vestivano poi con le pelli, spezzavano quindi le ossa per estrarne il midollo, le più grosse di quelle ossa adopravano appresso in forma di manichi delle scuri e dei martelli.

Benchè il più usuale vestimento fosse la pelle degli animali, furono però trovati numerosi avanzi di rozze stoffe di canape e di paglia. Bellissimo è uno di questi poveri primordiali tessuti, scoperto a Robenhausen, ed appartenente, senza dubbio, alla età della pietra.

Le antichità trovate a Wauwyl, a Robenhausen, al Ponte di Thiele, a Mooseedorf ed in altri luoghi, sono generalmente coperte da spessi strati di torba; il che permetterà forse, un giorno, di calcolare approssimativamente l'epoca a cui appartengono, come i

Botanici calcolano l'età degli alberi dal numero dei cerchi concentrici della scorza e dai rivestimenti dell' alburno. Intanto ciò che possiamo senza errore affermare sin d'ora, si è che quell'epoca è di gran lunga più antica di quella che vorrebbero assegnare all' uomo ed alle cose che lo circondano il dotto e reverendo cardinal Wisemau e tutti coloro che con lui si stillano il cervello per mettere d' accordo un gran numero di cose che non lo sono guari per loro natura.

Il professore Rütimeyer ha contato sessanta specie di animali trovate fra i residui delle abitazioni lacustri, fra le quali dieci specie di pesci, tre di rettili, venti di uccelli, e le altre di quadrupedi. Tra queste ultime, sei specie vivevano probabilmente nello stato di domesticità, ed erano il cane, il maiale, il cavallo, la capra, l' ariete, e forse due varietà di buoi. Aspettiamo con ansioso desiderio il libro che il preclaro signor Carlo Darwin ci annunzia sulla addomesticazione degli animali, che farà seguito alla stupenda opera di quel filosofo sulla *Origine delle specie*, sicuri di trovarvi importanti osservazioni su questo interessante argomento. Il sorcio comune, le due specie di ratti delle nostre case, il gatto domestico, la gallina non si trovano nè nelle abitazioni lacustri della Svizzera, nè nei Kjœkenmœdings della Danimarca. Il professore Rütimeyer attribuisce ad un periodo recente un solo osso di gallina scoperto a Morges, stazione appartenente alla età del bronzo. Gli avanzi dei più antichi asini, dei quali parli il dotto professore, furono trovati a Chabannes e a Neuillet: ma quelle stazioni non sono punto dell'età delle palafitte; esse appartengono all'epoca romana; il che sembrerebbe provarci che l' addomesticazione del somaro (di questo potentissimo quanto sprezzato strumento di umana civiltà, al quale la Cristiana tradizione ha molto giustamente e sapientemente, a mio credere, consacrato un ricordo speciale) sia, relativamente, un fatto moderno. Quanto al cavallo, se ne trovarono fra gli avanzi della età della pietra alcune, ma scarsissime tracce: un dente a Wangen, un metatarso a Mooseedorf, un osso del tarso a Robenhausen, ecc. Invece, quando arriviamo ai villaggi dell' età di bronzo, in-

contriamo numerose vestigia ed ossa del nobile animale; il che fa vedere che, se nel periodo della pietra alcune più avanzate comunità seppero, quasi per eccezione, far questo progresso, esso non si generalizzò pur tuttavia che nell'epoca successiva. Il nostro maiale domestico trovasi per la prima volta nei villaggi a palafitte più recenti, per esempio a Concisa. Nei più antichi non vi ha che una specie particolare e più piccola, che il professore Rütimeyer chiama *Sus scrofa palustris*.

Nella seconda età della pietra noi troviamo l'urus, il bisonte, il cervo. Quest' ultimo, come pure il cinghiale, sembra essere stato assai numeroso, ed era certamente un alimento prediletto dei Lacustrini. L' urus, o gran bue fossile, è oggidì totalmente scomparso: il bisonte od auroco scomparve pure dall' Europa occidentale, e non si trova più oggi in questa parte del globo, se non nelle foreste imperiali di Lituania, mantenutovi per ispeciale cura dello Czar di Russia.

Le scoperte archeologiche, che ho sin qui tentato di riassumere, riportavano, senza dubbio, gli originari limiti della storia umana ad un periodo di gran lunga anteriore a quello, dal quale solevasi, per lo addietro, far cominciare il racconto delle prime memorie e delle più vetuste tradizioni. Ma se quei limiti erano *storicamente* antichi, *geologicamente* però si riferivano ad un' epoca molto recente, ad un'epoca in cui la Natura fisica delle contrade abitate dall' uomo, ed in cui la Flora e la Fauna sue contemporanee poco o nulla sostanzialmente differivano dalle attuali.

Ma altre scoperte sopravvennero, le quali obbligando lo spirito induttivo della moderna scienza a risalire a più remoti cicli ancora nella notte dei tempi, ricacciarono le origini umane in un ordine di cose notevolmente diverso dal presente. Siami ora dunque permesso, o Signori, di riferirvi, per quanto i limiti di questa lezione il consentiranno, i fatti principali che le indagini ogni dì più fortunate della scienza sono venute sotto questo nuovo rispetto accumulando.

IV.

L' *Età della Pietra* venne molto saviamente divisa in due distinti periodi; l' uno, anteriore sempre all' epoca del bronzo, ma più moderno relativamente all' altro, epperò detto periodo *Neolitico;* il secondo, di più antica data, e rappresentante quindi le più vetuste memorie della razza umana, chiamato perciò periodo *Archeolitico.*

Ai resti spettanti al periodo Neolitico appartengono molti dei *Pfahlbauten* elvetici, molte fra le *Terremare* italiane; i *Kjœkenmœddings* (avanzi di cucina, così chiamati perchè consistenti in principal modo di conchiglie ed ossa di animali consumati nell' alimentazione) della Danimarca; i *Tepe* della Persia ed i *Paraderos* della Patagonia, ruderi anch'essi della medesima natura dei Danesi. Per entro a quei cumuli si sono raccolti, oltre ad avanzi del pasto, oggetti d' arte, cocci di vasi, pietre lavorate, alcuni crani umani, e resti di animali, parecchi dei quali appartenenti a razze ora estinte.

Quando quest' ultima circostanza si verifica e diviene prevalente, si entra nel periodo archeolitico, durante il quale l' uomo si trovò contemporaneo di molti pachidermi oggi perduti, lasciando, insieme con gli avanzi di questi, le proprie spoglie ed i lavori delle sue industrie nei terreni quaternari antichi, cioè in quei terreni che noi abbiamo indicati col generico nome di *Postpliocene (V. la Tavola a pag. 141.)*

Egli è oramai apodditticamente dimostrato che l' Uomo fu contemporaneo, in Europa, con due specie di elefante *(Elephas primigenius,* ed *E. antiquus),* con due specie di rinoceronte *(Rinoceros tichorinus,* e *R. hemitoecus),* con almeno una specie di ippopotamo, coll' orso delle caverne *(ursus Spelus),* col lione delle caverne, coll' jena delle caverne, con varie razze bovine, equine e cervine, ora scomparse, e con molti più piccoli carnivori, rosicanti ed insettivori, tutti fossili del pari. In quel tempo stesso che

tutte queste specie venivano, per l' influenza dello mutate condizioni cosmiche, ed anche per quella della azione modificatrice dell' Uomo medesimo, distrutte, il buffalo moscato, il renne ed altre specie artiche, le qnali hanno fino ai di nostri sopravvissuto, andavano man mano ritraendosi verso il settentrione, e abbandonando gli antichi loro soggiorni nelle vallate del Tamigi, della Senna e del Po, per ricovrarsi nei loro presenti più boreali nascondigli.

Gli scheletri umani trovati nelle caverne del Belgio e della Francia, coetanei col Mammuth e con altri estinti mammiferi, non presentano sufficienti segni, nella struttura dei loro crani o delle loro membra, per autorizzarci a considerarli come assolutamente separati da tutte le razze oggi ancora viventi della umana famiglia. In generale, però, gli individui, ai quali siffatti avanzi hanno appartenuto, erano, come già notai, assai più poveramente dotati dell'*Uomo medio* della odierna Europa; e piuttosto che alle razze ora viventi in questa parte del mondo, sembrano quelli accostarsi ai caratteri propri del tipo negro o del malese. Ciò possiamo affermare dei risultamenti ottenuti dalle belle osservazioni sulle caverne ossifere dei Sig.ri Lartet e Boucher-des-Perthes in Francia, Morlot e Troyon in Isvizzera, Schmerling nel Belgio, Cocchi, De-Rossi, Pigorini, Ströbel ed altri in Italia ed altrove. Però le differenze osteologiche, le quali molti di quei resti umani presentano con le nostre stirpi attuali, sono abbastanza notevoli, e sopratutto sono abbastanza ricisamente caratterizzati nella serie geologica i terreni, nei quali essi vengono raccolti, per autorizzarci pienamente a soscrivere alle seguenti parole con le quali il citato sig. Cocchi riassume una sua bella scrittura *Sull' uomo fossile nell' Italia centrale,* da lui pubblicata nel 1867 in occasione della scoperta di un cranio umano rinvenuto nel terreno postpliocenico dell' Olmo in Valdichiana: « Ci limiteremo a concludere (dice egli) che appartiene ad una razza antidiluviana, perchè anteriore a' depositi diluviali dell' Italia; che visse nell' epoca preglaciale, quando la orografia del nostro continente italiano era, per così dire, appena abbozzata; che offre

caratteri osteologici suoi propri che lo distingnono per sé soli dalle antichissime schiatte, i nomi delle quali furono tramandati a noi in modo più o meno confuso dalle leggende e dalle storie dei popoli, e che dalle ultime lo separa un tempo immensamente più lungo di quello che separa queste da noi; infine che esiste un grande periodo antropico, perfettamente definito, il quale abbraccia i due ultimi periodi de' geologi ».

Ma oltre a queste scoperte postplioceniche, sul valore delle quali non può ragionevolmente conservarsi il menomo dubbio, altre ve ne sono le quali, se fossero egualmente accertate e numerose, ci obbligherebbero a riportare a più antica data ancora le origini umane, ed a riconoscere, tra le specie antropiche di qnella estrema età archeolitica e le razze odierne, differenze più radicali assai di qnelle, che distinguono l'uomo delle caverne quaternarie dall' uomo attuale.

Una delle scoperte, alle quali qui allndo, e quella di cui più vivamente siasi occupato il mondo scientifico, è quella di un cranio stato trovato, nel 1857, in una caverna aperta in quella parte della valle del Düssel, non lungi da Düsseldorf, che è chiamata il *Neanderthal,* presso il villaggio e la stazione ferroviaria di Hochdal, tra Düsselford ed Elberfeld. Questo cranio fu raccolto dal Dott. Fuhlrott, nel momento in cui vari lavoranti operavano uno scavo, in un letto di creta profondo circa cinqne piedi. Si suppose dal Fuhlrott, dal Prof. Schaaffhausen, da Lyell e da altri, i quali visitarono quella grotta, che lo scheletro, a cui il cranio apparteneva, fosse completo; ma gli operai, ignari del valore di quella scoperta, dispersero la più parte di quelle ossa, conservandone alcune soltanto delle più voluminose. Il cranio era coperto, specialmente nella sua superficie interna, da numerosissime cristallizzazioni dendritiche, le qnali nn tempo erano credute infallibile segno di altissima antichità. Questo criterio però non può oggimai più ammettersi come assoluto, dacchè il Dott. Hermann von Mayer ha dimostrato che, in certe speciali contingenze, le dendriti si formarono anche sovra ossa dell' epoca Romana. Ciò punto non toglie però ch' esse

siano di gran lunga più comuni negli ossami i quali hanno diuturnamente per secoli soggiornato nella terra. Il cranio poi e le ossa del Neanderthal avevano perduto siffattamente la loro materia animale, da aderire *(allappare)* fortemente alla lingua, come sogliono fare gli avanzi fossili del periodo postpliocenico. Sono queste essenzialmente le ragioni per le quali, non ostante la contraria opinione di parecchi antropologi e naturalisti tedeschi, l'illustre Prof. Lyell emise risolutamente l'opinione che non vi ha indizio estrinseco alcuno da cui possa con certezza dedursi che quel cranio sia di data più antica del postpliocene.

Ma ciò che particolarmente si cattivò l'attenzione dei dotti i quali esaminarono quell'umano avanzo, si è la sua forma. « La sua calotta (sono parole del Prof. Schaaffhausen) ha una straordinaria grossezza ed una forma elittica allungata. La peculiarità più singolare è lo sviluppo eccezionale dei seni frontali, per cui le arcate sopracigliari, che si uniscono insieme verso il mezzo, formano una sporgenza tale, che il frontale presenta al di sopra o, piuttosto, al di dietro di esse, una considerevole depressione, e che si forma del pari alla radice del naso una profonda incavatura. La fronte è piccola e piatta, le parti media e posteriore del cranio sono però bene sviluppate ». Da queste e da altre molte indicazioni, che qui non occorre il riferire, il dotto Professore Prussiano deduceva che il cranio del Neanderthal dovette avere appartenuto ad un individuo di piccolissimo sviluppo cerebrale e di straordinaria forza muscolare dotato. Altri zoologi lo credettero un cranio di scimmia. Il Prof. Huxley lo dichiarò umano, ma al tempo stesso il più somigliante a quelli delle scimmie, che il celebre naturalista avesse veduto mai. Maggiori e più particolareggiate illustrazioni di quel preziosissimo pezzo fossile, potrete, o Signori, raccogliere nella tante volte citata magistrale opera di Lyell, *On the Antiquity of Man*, nelle belle lezioni *Sull' Uomo* dell' illustre Prof. Carl Vogt, ed in un notevole articolo del Dott. Teodoro Landzert, inserito nell' *Archiv für Anthropologie* (Zweiter Band. 1867.)

Una delle più notevoli scoperte che siano state fatte nelle caverne ossifere, è quella di una mandibola umana, trovata nel terreno della Naulette presso Dinant nel Belgio, dal signor Edoardo Dupont, e della qnale una minuta descrizione comparve nello scorso anno nelle principali pubblicazioni antropologiche, e specialmente in una bella Memoria del celebre sig. Carter Blake nella *Anthropological Review* di ottobre 1867. Essa fu raccolta a tre metri e mezzo di profondità in un letto di giallogrigia argilla sabbiosa, insieme con avanzi di *Elephas primigenius* e di *Rhinoceros tychorinus*, non che con un osso di renne, portante tracce d'incisioni operate con uno strumento tagliante. Qnella mandibola presenta la più manifesta somiglianza con qnella del tipo Australico attuale.

E poichè siamo qnì venuti accennando alle recenti indagazioni paleoetnologiche intorno alla probabile èsistenza dell' Uomo in nn periodo anteriore al postpliocenico, epperò anteriore ancora all'epoca quaternaria, chiederò la permissione di porre qui sott'occhio a loro Signori alcuni fossili non ha gnari raccolti in un terreno della nostra Lignria, la comunicazione dei qnali mi venne gentilmente fatta dal giovine e dotto amico mio, il Dott. Artnro Issel, uno dei più sagaci cnltori che questi stndi vantino nel nostro paese.

Questi fossili fnrono trovati nella Città di Savona, sulla vetta di una colliuetta, negli scavi fatti per porvi le fondamenta della Chiesa delle Suore della Misericordia. Essi giacevano nella *terra da stoviglie*, a più di due metri di profondità, accanto ad ostriche fossili, non rimaneggiate, identiche a qnelle che abbondano nel pliocene ligure.

Erano presenti alla scoperta un ingegnere della Città di Savona, un impresario da costruzioni, uno scultore e molti operai. È, in qnesto, come in tanti altri simili casi, da deplorare grandemente che nessuna seria precauzione sia stata presa per assicnrare e *provare* l' autenticità della scoperta.

La terra da stoviglie di Savona è ricca assai di fossili marini, o segnatamente di conchiglie; ma non vi mancano fossili terrestri,

cioè ossa di rinoceronte, elici, tronchi e frusti di conifere carbonizzati ecc. Le specie, delle quali si rinvengono i resti in questo terreno, sono, per la massima parte, estinte e si riferiscono alla fanna del *Pliocene inferiore od antico.*

Le ossa umane tratte dalla detta terra da stoviglie presentano il colore bigio caratteristico degli altri fossili di qnesta formazione; sono lucide, leggere, fragili, allappano alla lingua, e non offrono segni di essere state mai rimaneggiate, e le loro anfrattuosità sono piene di argilla pliocenica.

Questi fossili appartengono parte al R. P. Filippo Ighina di Carcare, e parte al R. Sacerdôte P. Perrando di Santa Giustina, dne egregi ricercatori e collettori, ai qnali mi è sommamente grato di attestare qui tutta la mia stima. Da quest' nltimo provengono tutti i surriferiti ragguagli concernenti la scoperta.

Fra le ossa umane raccolte nelle marne plioceniche Savonesi, le più importanti sono:

1.° Un frammento di Perone, mancante delle articolazioni, piuttosto piccolo. *(Fig.* 108 *a)*

2.° Un pezzo di Parietale destro, di spessezza più che ordinaria, colle suture alquanto semplici. *(Fig.* 108 *b).*

3.° Un frammento di mascellare superiore sinistro, nel qnale vedonsi gli alveoli di due incisivi, di un canino e di due premolari *(Fig.* 108 *c).* Questi sono molto avvicinati fra loro ed assai stretti, essendo pure angusto il margine dell' osso. Fra l' alveolo del canino e qnelli dei dne denti più prossimi, è una distanza maggiore, che fra gli alveoli degli incisivi e quelli dei premolari.

Il primo premolare trovasi in posto. Esso è notevole, perchè assai piccolo e presenta due radici bene distinte, carattere che nell' attualità non si riscontra che come assai rara anomalia. La snperficie logorata della corona è, in qnesto dente, molto inclinata dall' interno all' esterno.

4.° Una porzione di mascellare inferiore destro, che presenta l' apofisi coronoide e l' nltimo molare. *(Fig.* 108 *d).*

Digitized by Google

Paragonando questo fossile ad un mascellare di Ligure moderno, si vede che il molare è assai più piccolo nel fossile, e che ha la sua corona logorata obliquamente con la superficie inclinata dall'esterno all'interno.

L'apofisi coronoide è breve e forma, col corpo del mascellare, un angolo più ottuso che d'ordinario. Di più, è notevolmente sottile, breve e stretta.

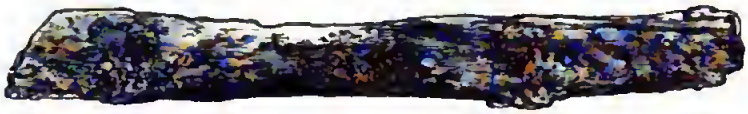
La superficie di attacco del muscolo temporale è meno prominente e più scabra; il corpo della mascella è piccolo e stretto più che nella attuale razza Ligure.

5.° Una estremità inferiore di omero sinistro, mancante però del capo articolare corrispondente. Non offre altra particolarità, fuorchè quella di essere più diritta e più piccola, che nella pluralità dei casi. *(Fig.* 108 *e).*

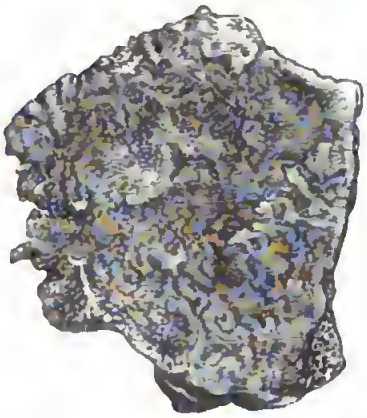
Per concludere questo cenno, ch'io ho creduto opportuno di fare, trattandosi di una scoperta avente un interesse locale altamente scientifico, dirò che i resti, dei quali trattasi, appartennero, senza dubbio, ad un individuo adulto di piccola statura (verosimilmente, inferiore di un terzo circa alla media) e di forme alquanto diverse da quelle che caratterizzano i moderni Liguri.

Ma l'Uomo, che fu di certo, nella più remota parte dell'epoca quaternaria, contemporaneo dei grandi pachidermi estinti, esistette egli nell'epoca terziaria e nel periodo pliocenico? Io ritengo più che possibile, probabilissimo che nuove scoperte della scienza, in questo ramo così rapidamente progressiva, ci permettano fra breve di dare al quesito una affermativa risposta. Fino al presente però, i fatti *autenticamente sicuri* ci mancano, a mio giudizio, ancora, per farlo.

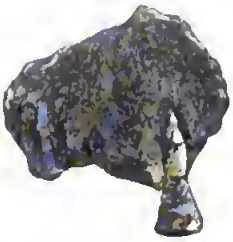
Ma, circoscrivendoci anche nei limiti poc'anzi accennati, noi rimontiamo ad una età, dirimpetto alla quale le più vetuste tradizioni egizie, etrusche ed elleniche diventano fatti dell'ieri; ad una età, durante la quale l'uomo ha assistito ad alcuni dei più momentosi cambiamenti geologici, subiti dal terrestre pianeta; nella quale una gran parte delle Alpi non esistevano ancora nella pre-



a. — Frammento di perone destro.

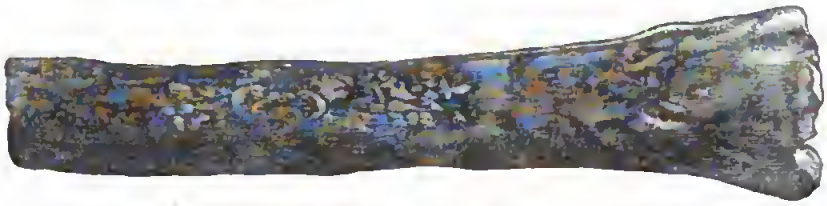


b. — Pezzo di parietale destro, veduto dalla parte interna.



c. — Frammento di mascellare superiore sinistro, con un piccolo molare in posto ed apofisi coronoide.

d. — Porzione di mascellare destro coll'ultimo grosso molare in posto.



e. — Parte inferiore di omero sinistro.

1 decimetro

Fig. 108. — Ossa umane raccolte nelle terre da stoviglie di Savona.

sente loro forma, in cui la Gran Bretagna era congiunta al continente, o la flora e la fauna dell'Europa profondamente differivano dalle attuali.

Non contenti di questa *determinazione geologica* della Antichità dell'Uomo, alcuni eruditi hanno voluto tentare, col soccorso di calcoli più o meno sicuramente induttivi, una *determinazione più propriamente storica ed archeologica*. Invece di contare *per epoche e periodi*, cercarono di contare *per migliaia di anni*. Ma il tentativo ebbe un esito (a parer mio) troppo fallace, perchè altri possa sentirsi incoraggiato a ripeterlo. Nell'atto che la cronologia storica può aspirare a numerare in modo assoluto per anni, mesi e giorni gli avvenimenti, la cronologia geologica deve contentarsi a determinarne soltanto l'*età relativa*, poich' essa abbraccia periodi di tempo, nei quali le mentovate frazioni riescono affatto impercettibili. Con questo però io non voglio già dire che le indagini di tal fatta, quando siano appoggiate sovra basi non troppo incerte, condurre non possano a risultamenti assai utili ed accettabili entro a limiti di qualche migliaio di anni.

Ecco un saggio di questo genere di calcoli, fatto dal celebre Sig. Morlot. I lavori ferroviari intrapresi presso Villeneuve, in riva al lago di Ginevra, rendettero necessaria una sezione trasversale nel cono di deiezione di un torrente, detto la Tinière. Quel cono aveva una inclinazione di circa 4°, e la sua base descriveva un settore di 100° di apertura, e di circa 900 piedi di raggio. Sul cominciare del secolo precedente, era stato arginato quel cono dal lato boreale, il che lo innalzò più da questa, che dall'altra parte. Il torrente portò, come al solito, le sue acque sull'asse mediano del pendio: la sezione fatta per la ferrovia tagliò il cono perpendicolarmente al suo asse, sopra una lunghezza di 1000 piedi, nell'atto che la sua più grande altezza era di 32 piedi e $^1/_2$ al di sopra delle rotaie. L'intima struttura del cono fu per cotal guisa messa interamente all'aperto, e si palesò molto regolare: essa consiste di grossi blocchi arrotondati dall'azione antica delle acque, aventi fino a 3 piedi di diametro, posti in mezzo, e ai due lati

dei quali si osservano depositi di alluvione, di mano in mano più piccoli e fini. La sezione pose in evidenza tre differenti strati di terra vegetale antica, collocati a diverse profondità, ed i quali formarono un tempo lo strato superficiale del cono di deiezione: essi erano del tutto regolarmente ripartiti tra i depositi di alluvione, e paralleli fra loro, non che all'attuale superficie del cono.

Lo strato di terra vegetale superiore a tutti aveva da quattro a sei pollici di spessore, e trovavasi a quattro piedi al di sotto della superficie; — ivi si rinvennero alcuni frammenti angolosi di mattoni romani, ed una moneta del pari romana, ma assai logora, di bronzo.

Il secondo strato aveva sei pollici di spessore, e trovavasi a dieci piedi inferiormente alla superficie; — vi si trovarono vari frammenti di vasi di argilla, misti a grani di sabbia e ad un paio di pinzette di bronzo non verniciate.

Lo strato inferiore, spesso da sei a sette pollici, trovavasi ad una profondità di dicianove piedi. — Vi si raccolsero vasi grossolani, carboni, ossa infrante di animali, complesso di oggetti che indica forse l'età della pietra, ma, in ogni caso, l'epoca più recente di questa età, perocchè Rütimeyer, dall'ispezione delle ossa che provennero da quello scavo, si crede autorizzato ad affermare che appartengono ad un periodo più recente dell'età litica. Non si trovò, del resto, in quello strato, alcuno di quegli strumenti di pietra o di corno, che avrebbero potuto dar lume in proposito.

Morlot, concludendo dalla regolarità di struttura del cono di deiezione alla regolarità del suo graduale incremento, stabilisce il suo calcolo così: — I Romani (dice egli) penetrarono nel paese, dopo la battaglia di Bibracta, 58 anni avanti Gesù Cristo. — Nell'anno 563 dopo G. C., Tauredunum fu distrutto da uno scoscendimento, e già cento anni prima, i Burgundi, i quali non cuocevano mattoni, avevano posto fine alla romana dominazione. Lo strato romano è adunque il portato di diciotto secoli al più, e di tredici secoli per lo meno. Or bene, se, da quell'epoca in

poi, il torrente è venuto accumulando circa quattro piedi (più esattamente 1^m, 14), e se l'accumulazione ha seguito, dai più antichi tempi, un regolare andamento, ne risulta, per lo strato dell'epoca di bronzo, una età di ventinove secoli al minimo, e di quarantadue secoli al massimo; per quello dell'epoca della pietra, quarantasette secoli almeno, e settanta secoli al più, ossia, pel cono intero, circa cento secoli, 10,000 anni.

È degno di nota il fatto che, nello strato dell'età della pietra, si trovò uno scheletro umano, il cui cranio, al dire del Sig. Montagu, che lo ha esaminato e misurato, sembrava, per la sua piccolezza, la sua rotondità ed il suo spessore, appartenere al tipo di un brachicefalo mongolico.

Checchè di ciò sia, egli è evidente che i calcoli cronologici di Morlot si prestano ad alcune assai gravi obbiezioni. Prima di tutto, nonostante tutte le apparenze di regolarità, le alluvioni portate da un torrente non possono giammai (come bene osserva Carl Vogt) essere state disposte in modo uniforme; una sola piena delle acque prodotta da forte pioggia può recare in un giorno più materiali, che un corso normale e tranquillo di vari secoli; e quei materiali si depositeranno pur tuttavolta tanto regolarmente ed a seconda del loro peso, quanto quelli venuti accumulandosi più lentamente.

Inoltre la determinazione dello strato romano, che forma la base di tutto il sistema del calcolo, suscita non pochi dubbi, non meno che quella dello strato dell'epoca della pietra, le cui ossa sembrano, come notammo, di data più recente. Se tale fosse realmente il caso, e se giuste fossero le basi del computo di Morlot, questa circostanza potrebbe indicare una data ancora più antica pel vero periodo della pietra, talchè gli uomini che avrebbero infranto quelle ossa e divorato le carni degli animali cui elle appartenevano, avrebbero vissuto in Isvizzera ai tempi almeno dell'Adamo biblico.

Altre induzioni cronologiche di questo genere furono tentate dal Sig. Troyon, dal Sig. Gillieron e da altri; ma io non le riferirò.

al nostro oggetto bastando quella che ho riportata per disteso. Esse (lo ripeto) non sono punto inutili, come elementi di comparazione; ma il pretendere di adoperarle siccome argomenti di scientifica esattezza, è lo stesso che il voler fare violenza alla natura delle cose, ed il trasportare nel campo delle scienze geologiche e paleontologiche un criterio che non ha pieno valore se non nel campo delle scienze storiche propriamente dette.

V.

Egli è tempo oramai che l'attenzione nostra si volga, o Signori, sul secondo dei due grandi ordini di indagazioni e di scoperte che, come io accennava più sopra, contrassegnano i progressi della moderna Antropologia: su quello, cioè, che ha per oggetto la determinazione e la classificazione delle razze e delle varietà della umana famiglia ed, al tempo stesso, le relazioni esistenti fra la nostra specie e le altre del Regno Animale.

Dopo avere, come vedemmo, accordato una soverchia importanza alle differenze di colore della pelle, di forma dei capelli, di tradizioni storiche e di altri caratteri puramente secondari ed accessori, i Naturalisti e gli Antropologi più recenti procurarono di attingere ad elementi più essenziali e veramente costitutivi il criterio di una classificazione positiva e scientifica.

Fra questi elementi, nessuno ve n' ha che abbia un più alto valore, di quello che consiste nella forma del cranio, siccome quella parte dell'umano corpo che, racchiudendo il cervello, esercita la più grande e la più decisiva influenza sulle intellettuali facoltà.

Mi sarebbe, nei limiti che l'indole dell'opera presente mi assegna, affatto impossibile il tutti enumerare e discutere i metodi che vennero seguiti da Blumenbach, Von Baer, Gratiolet, Bell, Vogt, Welcker ed altri, nello esaminare le forme craniane. Il precipuo e più fecondo fra questi metodi è, senza dubbio, quello

Digitized by Google

che viene assai comunemente designato sotto il nome di *Indice cefalico,* e che consiste nel ricercare il rapporto che esiste, nei diversi cranii, tra la lunghezza e la larghezza. Dando alla prima di queste dimensioni un valore = 100, si riduce, proporzionalmente a questa cifra, la larghezza trovata. Per tale guisa, *indice cefalico* = 80 significherà che la lunghezza della testa essendo supposta 100, la sua larghezza è di 80.

Retzius di Stoccolma fu il primo ad impadronirsi di questo carattere, per farne la base di una generale divisione dei popoli della Terra, ch' egli ripartiva in teste-lunghe *(Dolicocefali),* ed in teste-curte, o larghe *(Brachicefali).* Questa distinzione era fondata sull'esame di cranii svedesi e slavi, dei quali Retzius indicava come segue i rapporti fra le due dimensioni: nelle teste Svedesi, la lunghezza stava alla larghezza : : 1000 : 773, ossia circa come 9 : 7; nelle teste Slave, invece : : 1000 : 888, ossia circa come 8 : 7.

Quel naturalista però non avea preso le sue misure se non sopra un piccolo numero di cranii, da lui scelti come tipi nelle collezioni e nei Musei; ed inoltre, nel determinare la conformazione dei cranii dei differenti popoli, aveva egli proceduto piuttosto giusta il criterio generico ed approssimativo della loro ispezione, anzichè con esatte operazioni di misura.

Con uno studio più accurato della questione, l'illustre Welcher ha dimostrato che le teste lunghe e le teste curte costituiscono bensì *forme estreme*; ma che fra esse vi ha una numerosa serie di nazioni, che presentano gradazioni intermedie; e che occorre altresì l'intercalazione di un terzo gruppo, che può designarsi, secondo il Welcher medesimo, col nome di teste-rette *(Ortocefali),* o, meglio, giusta il Broca, con quello di teste-medie *(Mesocefali).*

Uno dei più notevoli risultamenti, ai quali questi Naturalisti siano pervenuti, si è che le diverse razze oscillano sempre, entro a limiti molto estesi, attorno ad una media; ma che le deviazioni da questa media se ne allontanano presso a poco in tutte le direzioni, e sono tanto più grandi ed energiche, quanto la razza

sembra essere stata più mista. Così, per esempio, le deviazioni dal tipo medio sono debolissime presso i Laponi, presso gli abitanti di Sumatra, i Cosacchi, gli antichi Greci e Romani, gli Eschimesi ed i Negri Australici; sono, invece, assai più notevoli appo gli Italiani, i Tedeschi, gli Inglesi, i Russi, i Finni, e sovratutto presso i Francesi.

Se eccettuiamo gli antichi Peruviani, fra i quali, per un mostruoso trattamento dei bambini (di cui si riscontrano oggi ancora esempi presso nazioni anche civili) la testa veniva schiacciata a segno, che il suo diametro trasversale oltrepassava talvolta il diametro longitudinale; se eccettuiamo, dico, queste artificiali deformazioni, noi possiamo (al dire del Vogt) classificare fra i popoli brachicefali: i Laponi, i Malgasci, i Maduresi, i Baschiri, i Turchi, e gli Italiani attuali (su questi ultimi avrò, tra breve, qualche notevole riserva da fare); fra i dolicocefali molto ricisamente tali: i Nuka-Iviani, gli Indiani, gli Eschimesi, i Negri australici, i Cafri, i Boschimani, gli Ottentotti, i quali raggiungono la massima lunghezza del capo, a tal segno che, fra i teschi esaminati, se ne trovò uno che dava per indice cefalico la cifra veramente scimmiana di = 63. Ponendo, finalmente gli altri popoli nel gruppo dei mesocefali, si possono graduare come segue, procedendo dalle teste meno alle più lunghe: Tedeschi, Russi, Buggai, abitanti di Sumatra, Calmucchi, Giavanesi, Francesi, Cosacchi, Ebrei, Boemi, Moluchi, Cinesi, Finni, antichi Greci, antichi Romani, Brasiliani, Olandesi.

Ammettendo, nella sua generalità, questa classificazione, non posso però (com'io lasciava intendere poco sopra) accettarla in modo assoluto, per ciò che concerne gli Italiani. Nell'Italia, come in tutto il mezzodì dell'Europa, non è possibile ridurre ad uno solo dei due tipi cefalici le razze umane. Le migrazioni e le mistnre di popoli furono ivi così frequenti e così profonde, che entrambi quei tipi vi hanno messo radici e da antichissimo tempo vi si sono conservati. Le primitive e più rozze stirpi della Grecia e della Italia erano brachicefale; dolicocefale invece furono le

successive razze, che dall'Asia scesero nelle penisole e sui lidi meridionali d'Europa. Brachicefali i forti Pelasgi; dolicocefali i gentili Elleni. Odasi quel che ne dice, in una sua recente e dotta Memoria sull'*Antropologia della Grecia*, il Sig. Giustiniano Nicolucci: « Le arti plastiche figurarono anch'esse questi due tipi, imperciocchè mentre gli scultori greci ritraevano come tipo ideale della bellezza la forma distinta per cranio dolicocefalo, attribuivano pure il cranio brachicefalo a quell'altro tipo che rappresentava invece la forza del corpo e la gagliardia delle membra. Apollo ed Ercole, il nume della scienza e della poesia e l'eroe delle dure fatiche, sono il più evidente contrasto fra le forme tipiche delle due razze. Anche oggi entrambi i crani brachicefalo e dolicocefalo persistono fra i Greci moderni. Se non che, sembrano i primi avere acquistato maggiore preponderanza che in altri tempi, e questo accrescersi del loro numero (benchè sempre in proporzioni assai inferiori ai dolicocefali) non solo è dovuto alla presenza di quell'antico tipo che si è conservato fino ai nostri giorni, ma anche alla intrusione d'altri brachicefali, de' Finno-Slavi, che sono penetrati per vari lati nell' Ellade, per l' Epiro, per la Macedonia e per alcune contrade del Basso-Peloponneso. Nell'antica Grecia i brachicefali non formavano che il 7 % della popolazione, nella moderna raggiungono il 14 % ».

Or bene, quasi le stesse cose possono dirsi, a parer mio, delle popolazioni italiane antiche e moderne. Fra le più vetuste razze che abitarono la Penisola nostra, e fra quelle che su più grande area vi si diffusero, è certamente da annoverarsi quella potente ed energica razza Ligure, nella quale i dotti studi di Guglielmo Humboldt, del sullodato Nicolucci, dell'erudito nostro Prof. E. Celesia e di altri etnografi e filologi, rivelarono le più intime analogie ed affinità con le stirpi Basche, Estoniche, Livoniche, Ungare e Finniche. Il cranio di tutte queste razze riunisce i caratteri della forma brachicefala ortognata. In un'altra sua elegante scrittura, intitolata *La Stirpe Ligure in Italia ne' tempi antichi e ne' moderni*, il citato Accademico Napolitano ha ampiamente

provato, anche con dirette misure di teschi ligustici, la stretta parentela di quei primitivi Italiani, con le summentovate famiglie di popoli. Ma alle prische tribù liguri ed alle coeve pelasgiche, epperò brachicefale che abitarono l'Appennino e le valli e i lidi dell'Italia, troppe altre razze vennero poscia più volte a sovrapporsi, e fra queste alcune troppo spiccatamente dolicocefale, perchè quell'antico tipo abbia potuto conservarsi puro ed intatto. L'elemento ellenico, il celtico, il teutonico sono manifestamente rappresentati in una gran parte delle attuali genti italiche; e molto probabilmente il tipo del dolicocefalo non vi ha una proporzione punto minore, di quella ch'esso possegga non solo in Grecia, ma eziandio nella più grande ed eletta parte dell'Europa occidentale.

Ma oltre alla determinazione dell'indice cefalico, altre importanti indagini delle moderne discipline antropologiche ebbero per oggetto la forma generale dolla testa e della faccia. Una di esse, la quale si presenta spontanea anche allo sguardo più superficiale, è il rapporto tra il cranio ed il viso, esaminato di profilo, in vista sperialmente del maggiore o minore protendimento delle mascelle. La prominenza della parte facciale imprime necessariamente a tutta la fisionomia un certo carattere di *animalità*, che non può sfuggire tampoco alla più volgare osservazione. Se esaminiamo di profilo il volto di un Ottentotto o di un Negro bene caratterizzato, riconosciamo tosto che la parte inferiore della faccia sporge innanzi, a guisa di muso, che i denti anteriori sono impiantati obliquamente o formano, coi loro opposti, un angolo saliente. Se, invece, osserviamo, nelle stesse condizioni, un volto di bell'Italiano, o Inglese, o Tedesco, troviamo che i denti anteriori sono piantati perpendicolarmente gli uni sugli altri, e che, nella occlusione regolare della bocca, gli incisivi inferiori si rollocano dietro agli incisivi superiori, mentre che nel Negro i primi sopravanzano ai secondi.

Egli è fondandosi su questa conformazione del viso, che i Naturalisti hanno distinto i popoli a-denti-retti *(Ortognati)*, dai popoli a-denti-obliqui *(Prognati)*; osservando, al tempo stesso, rhe la

conformazione delle mandibole è in diretto rapporto col grado di civiltà e di perfezionamento fisico, morale ed intellettuale dei popoli, il *prognatismo* caratterizzando esclusivamente le inferiori razze del genere umano, e l'*ortognatismo* distinguendo, invece, le superiori.

I grandi artisti di tutti i tempi ebbero, si direbbe quasi, l'istintiva ispirazione di questa grande verità. Tutte le statue greche rappresentanti i tipi della bellezza virile o femminea, ci pongono dinnanzi individui nei quali la parte superiore del volto è prominente sulla inferiore. Ma la moderna scienza ha soggettato ad esatte misure, a metodi rigorosi la determinazione di queste diverse dimensioni, sulle quali si esercitarono le nobili indagazioni di Hunter, di Camper, di Blumenbach, di Cuvier, di Welcker, di Bell, di Gratiolet, di Vogt e di altri molti.

Se noi esaminiamo un teschio in profilo, possiamo cominciare dal tracciare sovr'esso o sulla sua riproduzione piana a matita, una linea orizzontale, che passi dal foro dell'orecchio all'alveolo del dente medio incisivo superiore. Su questa linea disegneremo una obliqua, che tocchi l'alveolo stesso, da una parte, e, dall'altra, il punto più prominente dell'osso frontale. L'angolo, per tal modo ottenuto, è l'*angolo facciale* di Camper: quanto più quest'angolo si accosta al retto, tanto è maggiore lo spazio occupato dalla massa cerebrale, e tanto è più pronunciato l'ortognatismo; come, reciprocamente, tanto più spiccato è il prognatismo, quanto l'angolo è più obliquo.

Nella sua classica opera *The Anatomy and Philosophy of the Expression* (pag. 26 dell'edizione del 1865) Carlo Bell riproduce due disegni dell'illustre pittore del secolo XVI° Alberto Durer, dai quali chiaro apparisce come quel grande artista, che era pure grande scienziato, adoperasse appunto questo metodo dell'angolo facciale, che Camper non ha ideato se non nel secolo XVIII°, per distinguere i tipi della bellezza umana.

E chiunque osserverà l'angolo facciale che lo scalpello di Fidia e di Prassitele ha dato alla Niobe, alla Venere Medicea, all'Apollo

del Belvedere, a quell'impareggiabile prodigio di divina bellezza che è la Venere di Milo, e sovratutto al Giove Olimpico ed alle altre teste del Massimo dei Numi, di lieve si convincerà che quei sommi Maestri dell' Arte antica avevano perfettamente indovinato ciò che la moderna Scienza venne poscia positivamente a dimostrare.

Ecco, secondo Welcker (i cui metodi, come pure quelli di Bell, differiscono in alcune parti da quelli di Camper) le nazioni prognate; tutte le altre sono ortognate: Cafri, Negri, Australici, Negri, Etiopi, abitanti della Nuova-Olanda, Olandesi, Brasiliani, Cosacchi, abitanti di Sumatra, Braschiri. Lo stesso Welcker distingue la posizione estrema, fra gli ortognati, sotto il nome di *Opistognati* (denti-all'-indietro).

Oltre alla veduta per profilo del cranio, ed alla sua veduta dall' alto *(norma verticalis)*, la quale ultima fornisce l' indice cefalico, di cui abbiamo sopra tenuto discorso, giova pure considerare la veduta posteriore *(norma occipitalis)* e la veduta anteriore *(norma frontalis)*. — Se noi disponiamo il cranio per modo (dice Von Baer) che l' orizzontale trovisi nella linea visuale dell' osservatore, e se prendiamo ad esaminare dall' indietro, ad una certa distanza, vedremo che talvolta, in seguito ad un forte sviluppo delle protuberanze parietali, il vertice essendo alquanto inclinato a foggia di tetto, il contorno del cranio assume una forma pentagonale assai distinta. Comechè questo pentagono non possa avere mai angoli molto spiccati, lo si discerne pur tuttavia nitidissimo, d' ordinario più largo che alto, e può essere caratterizzato in poche parole giusta i suoi angoli più o meno smossati o vivi, le sue faccie più o meno rette o curve, più o meno lunghe o brevi. Gli angoli sono talfiata abbastanza addolciti, per non lasciare più scorgere un vero pentagono, ma piuttosto una elissi, trascurando però le apofisi mastoidi, le quali d' altronde si mascherano sovente e retrocedono per modo, da essere appena percettibili. L' elissi è d' ordinario più alta che larga, raramente l' inversa; più raro ancora è il trovare tra i due assi una differenza debole abbastanza, per dare al contorno una figura circolare.

La veduta occipitale è quella che dà il rapporto tra la larghezza e l'altezza del cranio, rapporto della massima importanza per estimare l'interna capacità cerebrale. Hannovi teste che si sollevano a forma di torre; e questo tipo *Pirgocefalo*, o turriforme, si riscontra in varie razze inferiori. Altre ve ne sono, in cui il cranio assume forma *Piramidale*, giacchè le facce parietali tendono a convergere verso una punta più o meno spiccata: tali sono quelle di una gran parte dei popoli Nomadi dell'Asia e dell'America. In altre, finalmente, che chiamar si potrebbero *Tectocefale*, le faccie parietali non convergono verso una punta, ma tendono l'una verso l'altra in maniera, da formare un lungo orlo sulla linea mediana della loro intersezione. Tale è la forma prevalente fra gli Eschimesi.

La veduta anteriore del cranio è la più istruttiva, per palesare i rapporti tra la faccia e i lobi cerebrali anteriori, lo sviluppo delle protuberanze frontali, quello delle arcate sovraorbitali, la forma e l'apertura nasale, ed altri punti notevolissimi del viso.

Non meno degna di studio è la parte inferiore del cranio, massime per la posizione del foro occipitale, che, a seconda delle varie razze umane, offre una somiglianza od una differenza più o meno grande con le specie animali.

Accanto a queste differenti misure del cranio, si collocano le numerose ricerche fatte dai Naturalisti e dagli Anatomici, intorno al volume ed al peso della massa cerebrale nelle varie razze, nei due sessi e negli individui delle diverse età. Mi riesce singolarmente penoso di dovermi, per necessario studio di brevità e di euritmia del mio lavoro, astenere dallo entrare in particolari osservazioni su questi ed altri interessantissimi punti, i cui insegnamenti, degni veramente della più matura attenzione del filosofo, tendono concordemente a dimostrare, con tutto il desiderabile scientifico rigore, che l'attività e la potenza intellettuale dell'uomo sono sempre in ragione diretta della mole e della perfezione de' suoi organi cerebrali, e che, reciprocamente, l'educazione e l'incivilimento sviluppano questi organi medesimi. Le belle investigazioni del Sig. Broca lo hanno condotto ad affermare che il cranio della

Digitized by Google

popolazione parigina si è evidentemente aumentato di capacità nel corso dei secoli; come gli studi di Aitkin Meigs gli hanno dimostrato che la capacità cranica del Negro nato in Africa (minore pur sempre di quella dell'Europeo) è maggiore però di quella del Negro schiavo, nato in America. Uno degli effetti di quella esecrabile istituzione, che riduce l'uomo allo stato di bestia da soma, è adunque di condannarlo a retrocedere nella scala degli esseri, contraendo e riducendo le proporzioni dell'organo più nobile della umanità!

Ma più ancora della massa e del volume cerebrale, importa all'Antropologia fisiologica di bene studiare la sua forma, i rapporti fra il cervello ed il cervelletto, le varie loro circonvoluzioni, investigazioni tutte nelle quali si illustrarono Gratiolet, Wagner, Huschke, ed anche, giova il dirlo (benchè, con la troppo assoluta *localizzazione* delle facoltà intellettuali, cadesse nella esagerazione ed eziandio talvolta nel ridicolo) la scuola frenologica di Gall e di Spurzheim.

La *capacità potenziale d'incivilimento*, mi si permetta l'espressione, varia tra le diverse razze umane, entro a limiti non meno estesi di quelli entro ai quali varia la *capacità che hanno pel calorico i differenti corpi* della Natura. Ed il grado di attitudine di quelle razze al perfezionamento dipende, in massima parte, dal più o meno perfetto stato della loro fisica organizzazione. L'Australico, debole, macilento, dal bestiale cranio, dai più bestiali istinti, giace ancora nella età della pietra. Egli ha bensì il dardo, lo spiedo, ma non ha saputo inventare l'arco. Ha la capanna di intrecciati vimini, ma non possiede la mobile tenda, il *wigwam* del selvaggio americano. Sonvi gradazioni anco fra i selvaggi. L'Indiano dell'America boreale guarderebbe con disprezzo all'aborigeno di Australia. La sua piroga ed i suoi mocassini lo attestano allievo di una più perfezionata scuola. Il passaggio dal *boomerang* Australiano all'arco ed alla faretra dell'Etiope, fu più lungo e più difficile di quello che a prima giunta il volgo non creda; ed il primo selvaggio che imparò a fabbricare una zappa,

Digitized by Google

a costrurre un carro, a domare un cavallo, fu un inventore non meno grande e più benemerito di Watt o di Morse. Ciò che riesce più doloroso a dirsi, ma che non è punto men vero, si è che, per molte razze, il passaggio di cui parlavamo poc'anzi, e, più genericamente, il miglioramento intellettuale e morale sembra impossibile. Gli ittiofagi Mongoli delle tristi rive del Mar Polare sono oggidì ancora seguaci del feticismo Siamanico; il Maomettismo non ha potuto allignare tra i Negri Oceanici dell'Arcipelago Indiano; e se fra le tribù della Nigrizia i benemeriti sforzi dei missionari sono riusciti a far penetrare alcune forme e vari riti esteriori del Cristianesimo, rimane molto dubbio il problema se vi abbiano potuto far mettere radice alla morale evangelica.

Il cranio ed il cervello dovevano naturalmente cattivarsi in primo luogo ed in ispecialissima guisa l'attenzione dei moderni Antropologi occupati nella ricerca dei caratteri essenziali per la storia naturale dell'uomo. Ma le altre parti del corpo meritavano ancora un accurato studio.

Allorchè veniamo informati, per esempio, che certi popoli dell'America Meridionale, e segnatamente i *Quichuas*, abitanti gli alti pianori delle Ande, si contraddistinguono per uno straordinario sviluppo della cassa toracica, il quale conferisce loro uno strano e bizzarro aspetto, noi siamo tratti immediatamente a riflettere sull'influenza che la topografia, l'altitudine e le altre condizioni dei luoghi abitati dai popoli, esercitano sulla loro fisica conformazione. L'antica scuola delle *Cause Finali* avrebbe detto, senza dubbio, che i *Quichuas* furono dalla Provvidenza dotati di un'ampia capacità toracica e di grossi polmoni, affinchè potessero arrampicarsi senza fatica su quelle alture, che oltrepassano la vetta del Monte Bianco. Ma la positiva scienza moderna, che ha osservato come in questi casi ciò che apparisce a primo aspetto *Causa*, non è poi effettivamente che *Effetto*, colloca il fatto dei *Quichuas* nel novero di quei fenomeni sui quali riposa la teoria della *Elezione Naturale*, e dice: i *Quichaus* non furono già dotati di un pulmone più grande di quello degli altri uomini, *affinchè* potessero

vivere sugli altipiani della Cordigliera; ma bensì acquistarono il più grande pulmone, *perchè*, vivendo sugli altipiani, avevano bisogno di quest' organo in più vaste proporzioni dell' ordinario, ed il pulmone si ingrossò ed ampliò l' arco delle costole, in ragione appunto del bisogno e dell' esercizio che ne era la espressione; precisamente come avvenne delle razze ovine inglesi, educate col metodo di Backewell, le quali, nelle pianure e sulle miti colline meridionali, divennero i *South-Downs*, pingui, carnosi e dalle corte gambe, mentre nei monti del Nord assunsero le poderose membra dei *New-Cheviot*. Non rammento più se in Biot, ma certamente in un libro di scienziato francese, lessi già come una volta un candidato della Scuola Politecnica, volendo dimostrare appunto la tesi delle cause finali, facesse osservare che la Provvidenza aveva posto accanto ad ogni grande città un fiume, accanto a Parigi la Senna, a Londra il Tamigi, a Berlino la Sprea ecc., quasichè non fosse più semplice e più razionale, ed, al tempo stesso, non meno rispettoso omaggio alla Provvidenza, il dire che essa dotò gli uomini, i quali edificarono le città, di una mente capace di comprendere ch' era opportuno fabbricarle in riva ad un fiume! Non lo si ripeterà mai abbastanza: tutti gli esseri tendono irresistibilmente a mettersi in rapporto, in armonia con le circostanze, in mezzo alle quali sono chiamati a vivere.

VI.

Tutti gli studi anatomici e fisiologici, che io ho procurato nelle precedenti pagine di segnalare più ancora che di riassumere, riconducevano irresistibilmente la scienza al concetto fondamentale di Linneo, da me accennato sul cominciare di questa medesima lezione, giusta il quale l' Uomo non ha titolo alcuno per considerarsi come formante un Regno a parte nella economia della Natura. Se, da un lato, le differenze che lo distinguono da tutti gli altri animali sono tali, da assegnargli un carattere specifico

Digitized by Google

suo proprio, dall' altro, le sue analogie con gli animali stessi, e sovratutto con l'ordine dei *Primati*, sono tali, da non permetterci in guisa alcuna di considerarlo siccome una eccezione alla gran legge di *Continuità*, che impera su tutto l' Universo, legge che il sommo Leibniz formolava con le celebri parole: *Natura non agit saltatim*.

Ho già osservato quanta sia la singolare levità e la patente ingiustizia, con la quale taluni, confondendo due ordini di idee compiutamente distinti, si fecero spesso a scagliare contro le tendenze della moderna Antropologia i più violenti improperi e le più ignobili accuse di materialismo e di ateismo: ed io non dimenticherò mai gli epiteti di *vili* e di *infami*, coi quali i cultori di questa disciplina furono gratificati in un solenne discorso inaugurale, profferito testè da un brioso e pio letterato in una italiana Università.

Sebbene io nutra profonda la convinzione che l'insulto non arrivi fino alla nobile e serena altezza della scienza, e creda che un' ingiuria non sia giammai una confutazione, piacemi però ricordare in questa occasione come non tutti gli spiritualisti considerino con occhio così sdegnoso ed ostile i teoremi delle naturali discipline, contro i quali si fa da certuni tanto scalpore. Possono citarsi non pochi cultori delle discipline morali e persino delle teologiche, i quali, persuasi che le verità non possano mai contraddire alle altre verità, non si fanno il benchè menomo scrupolo di ammettere i principii, coi quali la scienza moderna indica il posto che occupa l'Uomo nell' Universo. Il celebre Dott. Hallam nella sua *Literature of Europe*, scrive: « Se l' uomo è stato fatto ad immagine di Dio, fu pure fatto ad immagine della scimmia. La forma corporea di colui che ha pesato le stelle e fatto suo schiavo il fulmine, si assomiglia a quella di un bruto senza parola, errante nelle foreste di Sumatra. Stando così sulla frontiera che separa la natura animale dalla angelica, qual meraviglia mai ch' egli partecipi di amendue ».

Vi fu un tempo, in cui si considerò come eretico ed eterodosso il teorema dell' esistenza degli antipodi; e dopo Magellano, tutti

i teologi più sapienti lo hanno riconosciuto e professato. — Poscia si fulminò come ateo chi credeva nel moto della Terra; e dopo Galileo, il religiosissimo Newton lo fece base a tutte le sue sublimi teorie. — Più recentemente, fu condannato al perpetuo *stridor dentium* chiunque ammettesse l'abitabilità dei pianeti e degli altri corpi celesti; ma il divoto Brewster, di cui in questi giorni piangiamo la morte, provò che questo concetto punto non urta con la fede. — Successivamente, irreligioso venne gridato chiunque ammettesse che la Terra sia più antica dei settanta od ottanta secoli assegnatile dalla tradizione Mosaica, e che la culla stessa della razza umana rimonti ad un periodo molto più remoto di tempo; ed il P. Wiseman scrisse un pregevole libro, per dimostrare che la geologia e la paleontologia non ci autorizzano a risalire più in là di quel limite; ma la scienza ha provato oramai che la storia della Umanità abbraccia epoche notevolmente più lunghe, e che quella del pianeta è incalcolabilmente più antica, ed uomini pii e religiosissimi, come il Morlot e l'Agassiz, si acconciarono di buon animo a questa tesi. — Oggi, finalmente, le timorate coscienze si turbano in presenza delle teoriche Darwiniane; ma il riputato teologo Asa Gray dimostra in un ottimo libro, come queste non feriscano alcun essenziale dogma religioso. Questa controversia scientifico-teologica è stata ed è tuttavia molto vivamente discussa e dibattuta in Inghilterra, dove alcuni dei più eminenti polemici vi presero parte, e tra gli altri i signori Gillfillan, Gillespie, Jackson ecc. Essa è a fondo disaminata in un elaborato articolo della *Anthropological Review* (N.i XVIII o XIX — Luglio a ottobre 1867), dal quale estraggo la osservazione seguente. « La teoria del graduale svolgimento non implica menomamente la *non esistenza*, nè la *inazione* della Divinità; essa semplicemente definisce il *modo* della sua azione nel procedimento della creazione. La teoria medesima afferma che questo modo consiste nella *evoluzione*, nel progressivo incremento, in obbedienza alla legge, e non nella *fattura* dipendente dalla arbitraria voliziono. Essa non impugna la preesistenza delle idee divine; bene al contrario, nella

mente di tutti i suoi più autorevoli seguaci, le presuppone, giacchè il processo dello svolgimento è semplicemente il modo del loro adempimento ». Non è ella una prova di avere ben poca saldezza nelle verità credute e nelle professate convinzioni, cotesta smania, che agita certuni, di opporsi sistematicamente, coi loro vani clamori, a tutti i progressi della scienza, la quale, calma e tranquilla, ma inesorabile e sicura, procede intanto nella sua via! E non sarebbe egli assai migliore e più savio consiglio e più profittevole opera, e più degna altresì di chi pretende educare e migliorare moralmente le nazioni, il mostrare che tutte le verità sono solidarie, e che il *Bene* non ha mai paura del *Vero?*.... Molti fra gli avversari dei grandi teoremi recentemente affermati dalla Naturale Filosofia, suppongono che la scienza moderna abbia accettato senza beneficio d'inventario le tendenze, i fini ed i metodi delle scuole filosofiche del secolo scorso e dei primi anni del secolo corrente. Voltaire, gli Enciclopedisti, la Dea Ragione, il sensismo di Loke, il razionalismo di Kant, il panteismo di Fichte, di Hegel, di Feuerbach sono i fantasimi che atterriscono e fanno indietreggiare costoro. Ora, lo tengano essi bene a mente, la scienza moderna nulla ha di comune con questi sistemi. Senza punto disconoscere il genio dei loro autori e la parte cospicua che occupano nella storia dello svolgimento dello spirito umano, essa non accetta nè le loro aspirazioni, nè i loro intenti, nè i metodi loro. La moderna scienza non pretende demolire alcuno dei grandi principii morali, sui quali si fonda la vita intima dell'umanità; essenzialmente positiva, ella abborre dalle sterili negazioni; studia le leggi della materia, ma non rifiuta le scoperte della psicologia intorno alle leggi dello spirito; lungi dal vedere nell'Universo l'impero di un cieco Caso, vi contempla il regno di un ordine ammirabile e di una eterna armonia.

Ma di ciò basti. — Volgiamoci ora ad enumerare brevemente i principali caratteri pei quali l'Uomo si differenzia dagli altri Primati, e quelli pei quali loro si assomiglia e forma con essi un unico e medesimo Ordine.

E, prima di tutto, parliamo del cranio e del cervello. — Il cranio, che nell'uomo è *sovraposto* alla faccia, lo è generalmente *giustaposto* nella scimmia. La faccia, anatomicamente parlando, compresa tra gli archi sopracigliari, il mento e l'orifizio auditivo, non forma, nell'uomo, che una relativamente piccola appendice del cranio, il quale la copre e la oltrepassa da ogni lato, sviluppandosi, al di sopra degli archi sopraorbitali, per formare la fronte; sui lati, le tempia; al di sotto del foro occipitale, la nuca; o creando così, pel cervello, uno spazio relativamente enorme. Nelle scimmie, invece, la cavità cerebrale indietreggia, la fronte si spiana, o svanisce dietro le ossa susorbitarie, e il foro occipitale ritirasi all'indietro. L'angolo facciale di Camper varia, nell'uomo, da 70° a 85°, nè si conosce alcun esempio di cranio normale umano, che sia caduto al dissotto di 63°; nell'atto che, invece, nello Scimpanzè adulto (giacchè, bambino, ha maggiore somiglianza coll'umano) l'angolo facciale discende a 35°, nell'Orango, a 30°.

Non minori differenze ci presenta lo sviluppo delle mandibole. I muscoli temporali, elevatori delle mascelle, sono più forti nelle scimmie, per la ragione meccanica che devono mettere in movimento un più lungo braccio di leva, e una mole maggiore. Le fosse temporali sono, per lo stesso motivo, più profondamente incavate, e gli archi zigomatici sono più distanti fra loro.

Ma tutte queste disparità ed altre ancora di minore importanza, che si riscontrano tra le forme della testa umana e quella delle scimmie, creano bensì fra questi esseri una notevole differenza *in grado*, ma non alcuna separazione *in genere*. In una recente e dottissima sua scrittura intorno al Gorilla, il Prof. Huxley osserva quanto segue: « La differenza nel volume della cavità del cranio di diverse razze umane è di gran lunga più grande, assolutamente parlando, di quella che esiste tra la più bassa razza umana e la più alta scimmiana, mentre, relativamente parlando, è all'incirca la stessa. Il più grande cranio umano misurato da Morton

conteneva 114 pollici cubici, vale a dire era presso a poco il doppio della capacità del più piccolo (63); nell'atto che la sua preponderanza assoluta, di più che 50 pollici cubici, è molto maggiore di quella per cui il più bassolocato cranio umano adulto oltrepassa il più grande cranio di gorilla. Inoltre, i cranii adulti di gorilli finora misurati, differiscono fra loro di un terzo circa, la massima capacità essendo di 34, 5 pollici cubici, la minima di 24 pollici cubici. Finalmente, fatta ogni debita proporzione per la differenza della statura, le capacità craniche di alcune delle più basse specie di scimmie cadono, relativamente, pressocchè tanto al di sotto di quelle delle specie superiori di scimmie, quanto queste cadono al di sotto dell'uomo ».

Noi non sappiamo e non sapremo forse giammai quale esattamente sia il rapporto che passa tra il volume del cervello e le potenze intellettuali, perchè il sapere ciò equivarrebbe allo avere risoluto il mistero dei misteri, cioè allo avere trovata la relazione tra due ordini di fenomeni essenzialmente fra loro diversi. È questo il *ponte*, che D'Alembert diceva non valicabile. Non v'ha dubbio però che le più altolocate razze civili della umanità possiedono una media capacità craniale molto più grande di quella delle razze meno incivilite, e queste una maggiore di quella delle barbare e selvagge. Il cervello dell'Europeo è molto più voluminoso, più pesante, alquanto più circonvolto e meno simmetrico, che quello del Negro. Dall'altro lato, fra le scimmie, quelle che più sono prossime all'uomo nella forma e nel volume del loro cervello (il Gorilla, l'Orango, lo Scimpanzè), sono molto più intelligenti delle scimmie inferiori, dei Lemuri, e più ancora delle altre classi di Mammiferi, quali i Rosicanti ed i Marsupiali, che hanno assai più piccolo cervello. Ma la straordinaria intelligenza dell'elefante e del cane, la quale supera quella della maggior parte dei Quadrumani, tuttochè il cervello di quelle due specie (alle quali potrebbe aggiungersi ancora il cavallo) appartenga ad un tipo d'assai più remoto da quello dell'uomo, deve una fiata di più convincerci quanto noi siamo lontani ancora dallo intendere la reale natura ed i veri

limiti della altronde innegabile dipendenza del potere intellettuale dalla cerebrale struttura.

Del resto, a tale proposito osserva argutamente Carlo Lyell fin dall'epoca di Leibniz, i Metafisici i quali tentarono di tracciare una ricisa linea di separazione tra l'intelligenza degli animali inferiori e quella dell'uomo, ovvero tra l'istinto e la ragione, hanno incontrato difficoltà analoghe a quelle che prova il moderno anatomico, allorquando cerca distinguere il cervello di una scimmia da quello dell'Uomo, mercè di caratteri più spiccati di quelli del mero volume o della semplice massa, caratteri che variano altrettanto negli individui della stessa specie, siano quadrumani o siano umani.

Tra la potenza intellettuale di un Dante Alighieri, di un Isacco Newton, di un Leonardo da Vinci, e quella di un povero selvaggio di Borneo o della Papuasia, non corre forse una mentale differenza ben maggiore di quella che passa tra quest'ultimo, nomade, cannibale, feroce più che belva, ed un Orango non solo, ma un generoso cavallo od un magnanimo elefante? E, del pari, quando si pesarono le masse cerebrali di Giorgio Byron e di Cuvier, non si trovarono esse tanto maggiori di quelle di un idiota o di un malese, quanto e più ancora possa esserlo la massa cerebrale di un Gorilla al paragone di quella di un Lemuro?

Il celebre Prof. Agassiz, dopo avere dichiarato che, fino al presente, noi possediamo appena una elementare notizia sufficiente per instituire una scientifica comparazione tra gli istinti e le facoltà degli animali e dell'Uomo, confessa però ch'egli non saprebbe dire in qual cosa le facoltà mentali di un bambino differiscano da quelle di un giovane Scimpanzé. Egli osserva inoltre che la sfera delle passioni degli animali è tanto estesa quanto quella delle umane; e se è possibile assegnare tra esse una differenza di grado, non vi si può trovare una differenza di genere. « Le gradazioni delle morali facoltà (prosiegue il dotto Professore) tra gli animali superiori e l'Uomo, sono, d'altronde, così impercettibili, che il negare ai primi un certo senso di risponsabilità e di

coscienza, sarebbe per fermo una esagerazione della disparità che passa tra essoloro e l'Uomo. Nelle rispettive attitudini esiste altrettanta individualità fra gli Animali, quanta tra gli Uomini, come può attestare ogni cacciatore, ogni impresaro di serragli, ogni colono o pastore, che abbia qualche esperienza degli animali così selvatici come domestici. Tutto ciò sta fortemente in favore della tesi della esistenza, in ogni animale, di un principio immateriale, analogo a quello che, per la sua eccellenza e per le superiori sue doti, colloca l'Uomo cotanto al di sopra degli animali tutti. E, per fermo, questo principio indubbiamente esiste, e sia che noi lo appelliamo anima, ragione, o istinto, presenta, nel circolo intero degli esseri organizzati, una serie di fenomeni strettamente concatenati insieme; e sovra esso sono basate non soltanto le più alte manifestazioni della mente, ma la permanenza stessa delle specifiche differenze le quali caratterizzano ciascun organo ».

Nel 1863 un grazioso ed arguto scrittore francese, il Sig. Victor Rendu pubblicava un bel libro intitolato *L' Intelligence des Bêtes*, in cui, sebbene l'Autore siasi esclusivamente occupato delle api, delle vespe, delle formiche, addusse numerosissime prove, con fina analisi raccolte, della esistenza, in quei piccoli ed infimi insetti, di un vero principio intelligente, volente e spontaneo. Egli non esitava punto a concludere quel suo ottimo libro, che, come una novella riprova della fonte inesausta di bellezza e di poesia che presenta lo studio della Natura, io vi invito caldamente a leggere, o Signori, con queste testuali parole: « Le api, le formiche ed altri animali di ordine inferiore, attestano che la *riflessione* presiede alle loro operazioni. Nonostante l'autorità di Cartesio, le bestie hanno sensazioni eguali alle nostre. L'ansia ed il coraggio della gallina all'aspetto dell'uccello di rapina, che minaccia la sua nidiata, l'espansiva gioia del cane alla vista del suo padrone, il timore che lo prostra a' suoi piedi, dicono più e meglio, a tale riguardo, che tutte le dispute dei filosofi; e, nell'atto che il piacere o il dolore dà all' animale il sentimento della sua esistenza attuale, gli imprime, al tempo stesso, la coscienza della sua

esistenza passata: la sensazione presente, quella ch'essa gli rammenta anteriore, stimola il suo desiderio, sveglia i suoi timori e, per conseguenza, determina le sue azioni. Ammessa la sensazione, non v' ha difficoltà ad ammettere che l'animale rifletta, compari, decida e faccia atto d'intelligenza ».

Alle medesime conclusioni, alle quali ci trasse il confronto del cranio e del cervello umano con quelli degli animali superiori, siamo condotti, se instituiamo una simile comparazione fra gli altri loro essenziali organi. Il Professore Huxley ha, fin dal 1861, dimostrato quanto fallace sia la denominazione di *Quadrumani* che, dopo l'esempio di Blumenbach e di Cuvier, molti zoologi avevano applicata alla inferiore famiglia dell'ordine dei Primati, per distinguerla dalla famiglia superiore, dei *Bimani*, nell'ordine stesso.

Per formarci un esatto concetto delle somiglianze e delle differenze tra il piede e la mano, non che dei distintivi caratteri di entrambi, fa mestieri esaminare sotto allo esterno involucro della pelle, e paragonare le forme ossee, e l'apparato motore dell'uno e dell'altra.

Il piede dell'Uomo va distinto dalla sua mano

1.° Per la disposizione delle ossa del tarso;

2.° Per avere un più breve muscolo flessore ed un più breve muscolo estensore delle dita;

3.° Per possedere il muscolo chiamato *peronæus longus*.

Or bene, qualora noi vogliamo assicurarci se la finale divisione di un membro, in altri animali, debba chiamarsi un piede od una mano, si è dalla presenza o dalla assenza di cotesti caratteri che noi dobbiamo essere guidati, e non da mere proporzioni, e dalla maggiore o minore mobilità delle dita, la quale può variare indefinitamente, senza determinare alcuna fondamentale alterazione nella struttura del membro.

« Tutto ciò ritenuto (dice il Prof. Huxley), volgiamoci ora alle membra del Gorilla. La divisione terminale delle membra superiori non presenta ombra di difficoltà: osso per osso, e muscolo per muscolo, esse sono disposte precisamente in identico modo come

nell'Uomo, o con si piccole differenze, quali si trovano nelle umane varietà. La mano del Gorilla ò più grossa e più pesante, od ha un pollice alquanto più curto, in proporzione, di quello dell'Uomo; ma nessuno ha mai dubitato menomamente ch'ella non sia una vera mano.

» A primo aspetto, la divisione terminale delle membra inferiori del Gorilla apparisce simigliante a quella di una mano; e siccome lo apparisce anche più nelle più basse specie di scimmie, non è quindi punto da recare meraviglia se l'appellazione di *Quadrumani*, ossia esseri dotati di quattro mani, che Blumenbach desunse dai più antichi anatomici, e che sventuratamente Cuvier rendette popolare, sia stata accettata dai più, per designare l'ordine delle scimmie. Ma la più volgare disamina anatomica prova immediatamente, che la somiglianza della pretesa *mano inferiore* con una vera mano non va al di là della pelle; e che, in tutti gli essenziali rispetti, il membro inferiore del Gorilla è così esattamente da chiamarsi *piede*, come lo è nell'Uomo. Le ossa del tarso, in tutte le importanti circostanze di numero, di disposizione, di forma, si assomigliano perfettamente a quelle dell'Uomo. Le ossa del metatarso e quelle delle dita, però, sono proporzionatamente più lunghe e più esili, mentre il più grosso dito è non solamente in proporzione più curto e più debole, ma il suo osso del metatarso è unito con una assai più mobile giuntura col tarso. Al tempo stesso, il piede è collocato molto più obliquamente sulla gamba, che nell'Uomo.

» In quanto concerne i muscoli, vi è un curto flessore, un breve estensore, ed un *peronæus longus*, mentre i tendini dei lunghi flessori del grosso dito e delle altre dita sono uniti insieme ed in un accessorio fascio carnoso.

» L'inferiore membro del Gorilla finisce, adunque, in un vero piede con grosso dito molto mobile. Esso è, se si vuole, un piede prensile, ma non è punto una mano; è un piede, che non differisce in alcun fondamentale carattere da quello dell'Uomo, ma soltanto se ne differenzia nel mero rispetto delle proporzioni, del

grado di mobilità, e nella secondaria disposizione delle sue parti ». Per queste ragioni, il Prof. Huxley, e con lui oggimai tutti i più autorevoli zoologi, rispingono l'appellazione di *Quadrumani*, siccome quella che introduce nell'ordine dei Primati una distinzione affatto arbitraria, la quale non esiste punto in Natura.

Non meno infondata è un' altra distinzione, che si è voluta desumere da un altro carattere, cioè dalla dentizione.

Il numero dei denti nel Gorilla ed in tutte le scimmie dell'Antico Mondo, ad eccezione dei Lemuri, è di trentadue, del pari che nell'Uomo, e la forma generale della loro corona è la stessa. Ma, oltre ad alcune altre differenze, i canini in tutte le mentovate specie di Primati, tranne l'Uomo, si proiettano nella mascella superiore o nella inferiore, a guisa di zanne. So non che, tutte le Scimmie Americane hanno (come ho già notato nella mia precedente lezione) quattro denti di più, cosicchè esso differiscono, sotto questo rispetto, dalle Scimmie dell' Antico Mondo, più di quello che queste differiscano dall' Uomo. Talchè (ben dice Lyell) se, riferendoci a questo carattere, noi facciamo dell' Uomo un ordine a parte, dovremo egualmente immaginare parecchi distinti ordini per le varie razze di scimmie e di lemuri; il che è perfettamente assurdo.

Eguali risultamenti si ottengono, qualora si porti la comparazione sulle differenti ossa dello scheletro, sui muscoli, sui visceri, od in qualunque altra parte della fabbrica animale.

Ma io oltrepasserei di soverchio i confini di questa mia sintetica esposizione, se più oltre mi facessi a proseguire una tale disamina. Reputando quindi che le accennate cose siano al nostro obbietto sufficienti, in quanto concerne il lato puramente zoologico del problema, richiamerò qui, in sul finire, l'attenzione vostra, o Signori, sovra un altro nobilissimo ramo dei moderni studi etnologici.

VII.

La questione antropologica, dal campo zoologico ed anatomico, venne da antico portata eziandio nel campo filologico e linguistico; e le importantissime e veramente capitali opere che lo studio di questa parte del problema ha in questi ultimi trent'anni prodotte nelle letterature della culta Europa, segnatamente in quelle della Germania e dell'Inghilterra, formano una delle più splendide glorie della moderna scienza etnografica.

Alessandro Humboldt, il cui sagacissimo ed universale intelletto fu in questa parte fecondato ed arricchito dagli immortali lavori del fratello suo Guglielmo, ha con le parole seguenti egregiamente formolato questo lato della questione: « Le lingue, creazioni intellettuali dell'umanità, e che si attengono sì davvicino ai primi svolgimenti dello spirito, hanno, per quella nazionale impronta ch'elle portano in sè medesime, un'alta importanza per aiutarci a riconoscere la somiglianza o la differenza delle razze. Ciò che conferisce loro siffatta importanza sta nella comunanza della loro origine, la quale è un filo conduttore, mediante il quale ci è dato penetrare nel misterioso labirinto, in cui l'unione delle fisiche attitudini del corpo con le potenze intellettuali manifestasi sotto mille forme diverse ».

Uno dei più notevoli risultamenti, ai quali lo studio comparativo degli idiomi avea condotto gli Etnografi, sino a questi ultimi tempi, si era che l'Europa quasi intera sia stata antichissimamente abitata da una razza *Ariana,* scesa dall'altipiano dell'Iran, e sparsasi pure sull'altro versante Imalaico in tutta l'India.

L'affinità esistente fra le principali razze europee e le indiane apparve evidentissima, fin dal primo giorno in cui lo studio delle lingue orientali, e segnatamente del sanscrito, e quello delle antichità asiatiche cominciarono ad inspirarsi ai criteri altamente filosofici di una positiva e sapiente etnologia. Il Bournouf *(Com-*

mentaire sur le Yaçna), il Lassen *(Indische Alterthumskunde)*, il Weber *(Über indische Literaturgeschichte)*, e, dopo questi iniziatori, una folla di eruditi filologi e di splendidi volgarizzatori, fra i quali ultimi occupa un eminente grado il celebre Ernesto Renan mercè della sua opera intitolata *De l'Origine du Langage*, hanno posto oramai questo punto della scienza etnografica fuori di ogni seria disputazione.

Il più moderno e forse uno dei più autorevoli, come è certamente uno dei più brillanti, espositori di questa teoria, la quale riposa sulla esistenza, in una remota epoca, di un linguaggio Ariano comune a tutte quelle razze, è il Sig. Max Müller, le cui due serie di Letture *On the Science of Language* saranno sempre uno stupendo modello di questa maniera di scientifiche composizioni.

Se anche nulla per noi si conoscesse intorno all' esistenza del Latino, — se tutti gli storici documenti anteriori al XV.° secolo fossero andati smarriti, — se persino la tradizione fosse muta intorno all' antica esistenza di un Romano Impero, ci basterebbe pur sempre una mera comparazione tra l' Italiano, lo Spagnuolo, il Portoghese, il Francese, il Valaco ed il Rezio, per autorizzarci ad affermare che, in una data epoca, debba esservi stata una lingua, dalla quale cotesti sei moderni dialetti derivano in comune la origine loro. Senza questa supposizione, ci sarebbe affatto impossibile il darci ragione della loro struttura e composizione, delle forme loro caratteristiche (come di quella, per esempio, del verbo ausiliare *essere*), tutte varietà di un tipo comune; mentre, dall' altro canto, è perfettamente certo che nessuno de' sei dialetti presenta pura ed intera la originaria scaturigine, da cui gli altri possano veramente dirsi derivati. In nessuno di que' sei idiomi noi troviamo gli elementi, dei quali le forme verbali e grammaticali degli altri sono venute componendosi. Tutti e sei debbono adunque essere considerati siccome reliquie di un estinto e più antico linguaggio progenitore, il quale è appunto il Latino.

Ma se noi rimontiamo più indietro ancora nella serie de' tempi, e se paragoniamo il Latino stesso, il Greco, il Sanscrito, il Bat-

triano o Zendo, il Lituano, l'antico Slavonico, il Gotico e l'Armeno, non tardiamo a riconoscere, del pari, che qneste otto lingne sono varietà di un comune e più antico archetipo, dal quale sono esse derivate, con un procedimento analogo a quello che dal Latino figliò i moderni dialetti snmmentovati. Gli otto idiomi or ora ricordati hanno una così gran copia di scambievoli analogie, che ogni più razionale induzione ci obbliga a rimontare ad uno stipite comune, l'Ariano, il quale ad essi fu ciò appunto che alle sei lingue romanze è stato il Latino. Il popolo che parlò, in remotissime età, qnesta lingua madre, debbe avere emigrato verso regioni fra loro lontanissime nell'antico mondo, quali sono, da una parte, l'Enropa e l'Asia boreale, dall'altra, l'India a mezzodì dell'Imalaia.

Tale è, in sostanza, l'ipotesi Ariana, che dominò, fino ai giorni nostri, senza contrasto, le scnole e le indagini relative alla scienza delle lingne. E, posto che gli idiomi tutti dell'Europa, ad eccezione di quelli soli dei Cantabri o Baschi, dei Finni e di poche altre sparse tribù, palesano costante somiglianza con le lingne indopersiane, mentre nessnna veramente fondamentale ne hanno con le lingue semitiche, aramee e turaniche, egli era bene natnrale che da ciò inferissero i dotti una più intima comunanza di origini fra le stirpi parlanti favelle così evidentemente appartenenti ad una stessa famiglia. « Dalle lingue facendo adunque diretta induzione alla istoria (scriveva, parecchi anni or sono, con quello splendore di stile, di cni egli solo conosce il segreto, il nostro illustre Carlo Cattaneo) i più dei moderni scrittori, e sopratutto i tedeschi, vogliono che le nazioni europee provenissero tutte in corpo dall'Asia, e propriamente dalla valle dell'Indo. E amano immaginarsi quelle genti, che, schierate in tribù, discendono, come un fiume, dalla Casmiria, e quali per gli Urali, quali pel Caucaso, quali per l'Ellesponto, s'inoltrano nella vuota e silenziosa Europa, prima i Gaeli, poi i Cambri, poi i Traci, poi gli Elleni, poi i Goti, poi gli Slavi. E vogliono che i primi vennti abbiano preso il primo posto nelle isole dell'Atlantico. E i seguenti, che sono

sempre più forti dei precursori, e più deboli di quelli che vengono poi, sempre incalzano e sempre sono incalzati. I Cambri, terribili ai Gaeli, fuggono avanti ai Germani, i quali cedono il campo agli Slavi, che il terrore dei Finni e dei Turchi e dei Mongoli caccia magicamente dalle lande del Volga. Questa processione di popoli acquista nel secolo V.° una furiosa velocità; e gli istorici, che ripetono ancora, dopo quindici secoli, le dicerie dei volghi atterriti, ne costrussero quella magnifica epopea della gran trasmigrazione dei popoli, di cui tutti i libri tedeschi sono pieni a sazietà. Ora, che dice veramento l'istoria, e che dice la linguistica? Il primo albore dell'istoria ci mostra la stirpe greca sparsa, come oggidì, sulle isole e sulle opposte riviere dell'Egeo; nessuna istoria prova che prima dei Baschi i monti dolla Cantabria avessero abitatori d'altra stirpe; la conquista romana diffuse la lingua latina su tutta l'Italia, ma oggidì ancora traspaiono nei nostri dialetti le primitive nazionalità. Il tronco dialetto di Ferrara, di Bologna, di Parma, di Milano, di Torino conserva ancora i tronchi suoni celtici fra i dialetti vocali della Venezia e della Toscana; il confine tra la stirpe tusca e la ligure, tra la cisalpina e la veneta, tra la veneta e la carnica, rimane inviolato e immobile in mezzo alle successive trasmigrazioni. Se riguardiamo da un capo all'altro dell'antica Europa, vediamo Itali, Greci, Iberi, Cambri, Gaeli, Frisi, Svedi, Teutoni, Finni, Lituani, Slavi, Samoiedi, Calmucchi, già stabiliti intorno ai luoghi stessi, dove troviamo i loro discendenti. I confini delle lingue variarono; quelli delle stirpi assai meno, e ne rimase la traccia nei dialetti; le vere trasposizioni di popoli si riducono a poche, e divise da vasti intervalli di tempo ».

A questa grave obbiezione del lombardo filosofo contro uno dei più importanti corollari che si erano voluti dedurre dalle analogie delle lingue ariane, una, più radicale ancora, ne aggiungeva di recente un dotto etnologo inglese, il Sig. Crawfurd. Gli Indi, i Persiani, gli Scandinavi ed altri popoli, dice egli, i quali l'ipotesi ariana suppone avere desunto non solo vocaboli, ma eziandio

forme grammaticali da una comune sorgente, ed i quali perciò ella ci schiera dinanzi come formanti una sola stirpe, appartengono invece, per fisici caratteri, a razze molto distinte, e tutte queste razze hanno conservato inalterati i loro peculiari carattori dai più lontani albori della storia e della tradizione, insino a noi. Ora, se nessun assegnabile cambiamento è intervenuto, nel corso di tre o quattro mila anni, in questi caratteri medesimi, noi siamo obbligati ad assumore una molto più lontana data del loro diramarsi da un comune stipite, di quella che troviamo assegnata al supposto periodo delle migrazioni Ariane.

Tutte queste obbiezioni però non valgono punto, a creder mio, al atterrare il fondamentale concetto, sul quale riposa l'accennata teoria. In quanto all'argomento del Crawfurd, ci basterà l'osservare che le razze cambiano assai più lentamente delle lingue; e chè, mentre non abbiamo in Europa una sola lingua antica un migliaio di anni, i caratteri fisici delle stirpi europee sono identici a quelli che, trenta e più secoli addietro, ci effigiava la scoltura e ci descriveva la storia.

Perfettamente giusto è, invece, l'argomento del Cattaneo, contro alle sognate trasfusioni in massa e, com'egli argutamente le chiama, *processioni* di popoli, poetica fantasmagoria, che può forse piacere all'immaginazione, ma non trova riscontro nella storia positiva. Ma egli stesso il Cattaneo ha dimostrato che non è punto necessario il supporre quelle emigrazioni in massa, per ispiegarci il fatto, scientificamente incontrastabile, delle analogie esistenti fra le lingue europee e le indo-persiane. « Gli Astronomi (dice egli) da quella parte di corso in cui possono seguire una cometa, inducono il rimanente dell'invisibile suo volo nell'immensità dello spazio. Le secrete leggi che l'intelletto dei popoli segue nel comporre e scomporre le lingue, produssero una serie di fatti, che stanno nella piena luce dei tempi istorici. Noi sappiamo con certezza per qual procedimento la lingua latina, propagandosi per tutta l'Italia, e quindi, dall'una parte, fino nelle Gallie e nelle Spagne, dall'altra, sul Basso-Danubio, e piegandosi alle attitudini e alle precedenze

di quei diversi popoli, si trasformò, col corso del tempo, in cinque grandi lingue viventi, che abbracciano numeroso stuolo di dialetti. Sappiamo inoltre che due di coteste lingue latinigene, la portoghese cioè e la spagnuola, nei tre ultimi secoli si trapiantarono in tanta parte d'America, sicchè se ne valgono come di lingua connaturale molte città, dove il colore del popolo prova la coosistenza, anzi la miscela delle tre stirpi, americana, africana ed europea. Questa propagazione della favella latina, prima oltre il Mediterraneo, poi oltre l'Atlantico, fra genti di origine tanto aliena, è un fatto luminoso, di cui l'istoria registrò tutte le circostanze. Al suo paragone, non fa più meraviglioso contrasto la concorrenza delle lingue e la diversità del sangue tra i popoli dell'Italia e dell'India, poichè la distanza materiale fra queste due contrade, e tra l'India e il Baltico, non è tampoco la metà dello spazio in cui si disseminò sul continente americano la lingua spagnuola, dalla California all'Argentina. E siccome a Messico, a Lima, a Montevideo, l'affinità della lingua vivente coll'antica e lontana sanscrita non prova menomamente che i Negri e i Rossi e i Creoli e i Misticci di ogni maniera vi siano pervenuti a orde dalle valli dell'Indo, così una consimile affinità non prova rigorosamente che siano venuti dall'Indo gli abitanti delle Gallie o della Danimarca. E se riguardiamo alla recente e tremenda istoria di Haiti, vediamo che una lingua può per vicende istoriche trasfondersi in una gente affatto diversa, e mortalmente nemica, senza che vi rimanga reliquia della sventurata stirpe che fu veicolo a questa trasmissione ».

Ammettendo perfettamente queste savie e profonde considerazioni del Dott. Cattaneo, siccome quelle che devono porre in guardia contro vieti o facilissimi errori i troppo docili scolari delle dogmatiche scuole linguistiche ed etnologiche di Germania, giovami osservare però che, quando la scienza degli idiomi è concorde con la scienza delle razze nello additarci le antiche parentele di popoli geograficamente oggi lontani, sarebbe poco filosofico invero il pirronismo che, per la sola ragione che vi hanno popoli parlanti le stesse lingue tuttocchè appartenenti a stirpi diverse, si rifiutasse ad ammettere

la consanguineità di quelle genti e le vetuste loro trasmigrazioni. Allorchè, per esempio, lo studio degli indici cefalici dei teschi Baschi, da una parte, e dei Liguri dall'altra, ci rivela gli stessi caratteri in queste pur fra loro sì remote popolazioni; ed allorchè la medesima analogia ci mostra il filologo tra alcune delle più notevoli forme verbali e grammaticali della loro lingua, la conclusione che la logica ci comanda di trarre da queste premesse, è evidentemente la comunanza di origine fra quelle nazioni, le quali seppero conservare una così spiccata ed energica individualità, in mezzo alle più svariate vicende istoriche dell'Europa.

Ma qui è di sommo rilievo una osservazione, che fu spesso dai fautori della dottrina Ariana messa in non cale.

Tra le razze che popolano la Occidentale Europa, alcune ve ne hanno, le quali, fisicamente ed etnograficamente molto distinte dalle più potenti e più numerose nazioni alle quali si trovano frapposte, hanno conservato però e conservano quasi interamente pura ed intatta la loro individualità.

La più singolare fra coteste razze è, senza dubbio, quella dei *Baschi*. Questo popolo fu con molta probabilità di ragione, massime dopo gli ampi e profondi studi fattine da Guglielmo Di Humboldt, considerato siccome un avanzo della grande nazione *Iberica*, la quale, assai prima della conquista romana, coperse già pressocchè tutto il territorio della Spagna. Questa opinione è stata pure con molto corredo di dottrina avvalorata dal mio egregio concittadino e collega, Prof. Emanuele Celesia, il quale inoltre nella sua opera sull'*Antichissimo Idioma dei Liguri*, va dimostrando la consanguineità iberica delle Basche e delle Ligustiche schiatte. Dall'altro lato, il singolare loro linguaggio, composto come quello di alcune tribù Laponiche e Finlandesi mercè della conglutinazione di separate voci in una sola parola o frase, indusse non pochi eruditi a supporre che i Baschi rappresentino le ultime ed impoverite vestigia di una immensa stirpe, la quale popolò già l'Europa, dal Capo Nord in Laponia, sino allo stretto di Gibilterra.

Nè ciò basta: Leibnizio accennò ad una affinità fra il biscaglino o cantabro ed il copto, affinità che le argute investigazioni dell'enciclopedico Dott. Young hanno poi pienamente dimostrata. Anche nelle valli delle Alpi Rezie si trovarono sparse ed appartate popolazioni, molto probabilmente sorelle delle liguri antiche tribù o delle pirenaiche. Tacito, nella sua vita di Agricola, parla delle tradizioni esistenti nel paese di Galles, di antichissime immigrazioni Iberiche; e forse non a torto il Prof. Phillips argomenta che della stirpe medesima fossero i Cineti, dei quali fa parola Erodoto, e i quali precedettero, in molte loro conquiste, i vetusti Celti. Cose tutte, le quali inducono in noi ragionevole sospetto che la razza iberica e ligure (certo una delle più arcaiche in Europa) abbia pur anco esteso in una grandissima parte di questa regione i suoi dominii; tuttochè non sia da tacersi l'obbiezione fatta a questa teoria del dotto Sig. Broca, e ripetuta poi dal Prof. Blake; al dir dei quali non esisterebbe tra le forme del cranio delle summentovate popolazioni quella analogia, che pur dovrebbe riscontrarvisi, se fossero del medesimo stipite. Giusta l'ultimo dei mentovati scrittori, i misteriosi Baschi, invece di essere affini delle popolazioni boreali, sarebbero un ramo delle più occidentali razze, sommerse coll'Atlantide, secondo la tradizione platonica, nell'Oceano in un geologico cataclisma; teoria, che in qualche parte era gia stata professata dall'italiano Mazzoldi.

Da questa e da molte altre considerazioni, che io sono dai limiti del mio lavoro costretto a passare sotto silenzio, noi siamo tratti ad inferire che, in una età remotissima, l'Europa era, in gran parte, abitata da una stirpe turanica, alla quale forse appartenevano quegli uomini dell'epoca della pietra, dei quali abbiamo di sopra discorso; e che in un periodo posteriore, ma sempre antichissimo anch'esso, le razze ariane vennero a sovrapporvisi.

Il vocabolo *Turanico* o *Turaniano*, che mi avvenne più fiate di adoperare, non è molto antico, e leggesi la prima volta nello *Shah-Nameh* di Firdusi, poeta persiano del X.° secolo dopo Cristo, il cui libro fu tradotto in inglese da Atkinson nel 1832. Ivi quel

nome è adoperato in senso mitico, ad indicare tutte le stirpi *non Ariane*, straniere o *barbare* (come avrebbero detto i Greci), ma in più peculiare modo le genti che abitavano la Scizia, regione immensa, che la vetusta geografia ampliava, con assai incerti confini, al nord-ovest dell' Iran, nell' Occidente dell' Asia, e nell' Oriente di Europa. Più tardi quella parola si applicò a significare gli *Infedeli*, i non credenti nella religione di Zoroastro; ed in questo latissimo senso noi la vediamo riprodotta nel Tychsen, che pubblicava nel 1798 le sue famose lucubrazioni intorno ai monumenti di Persepoli. Il Max Müller nelle sue già citate *Lectures on the Science of Language* deriva la voce *Turaniano* da *Tura*, che indica la rapidità dei cavalieri; ed il celebre filologo applica quindi tal nome alle razze nomadi dell' Asia centrale, considerate in contrapposto alle genti agricole od Ariane. Il nostro erudito Nicolucci designa, nelle sue *Razze Umane*, con siffatta appellazione, i popoli di origine Finnica, fra i quali sono da annoverarsi gli Iberi, i Liguri e tutte le popolazioni preistoriche dell' Europa, le quali precedettero, a suo dire, gli Ariani nel nostro Continente, e lo tennero in loro dominio per tutta quella grand' epoca, che va distinta col nome di *epoca della pietra*.

Il sullodato Prof. Celesia pensa con buon fondamento che cotesti primitivi turanici (Liguri, Umbri, Osci ecc.) estendessero nella massima parte della nostra Italia il loro dominio e con esso il loro linguaggio, d' onde è in parte derivato l' arcaico Latino, il quale sarebbe stato appunto una mistura dei vari dialetti italici, che nella lingua Laziare, come nel crogiuolo i metalli, si sarebbero affinati. Questo concetto che il Celesia esponeva nel 1863 nel suo bel lavoro intorno all' *Antichissimo Idioma dei Liguri*, e che trovo adombrato eziandio in varie opere di altri italiani eruditi (fra i quali piacemi qui di ricordare il Risi, — *Dei tentativi fatti per spiegare le antiche lingue Italiche* — il Galvani, — *Delle Genti e delle Favelle in Italia* — il Caire, — *La questione del confine occidentale d' Italia*), riceverà, senza dubbio, nuova luce dalla imminente e desiderata pubblicazione di una splendida Memoria

dello stesso Prof. Celosia sulle *Teogonie Primitive*, la quale comparirà fra breve nel Vol. I.° degli *Atti dell' Istituto Tecnico di Genova*, volume dal quale potrà aversi una novella riprova come in questa città, che altri affetta un poco troppo di credere abitata solo da mercanti e da banchieri, gli alti e nobili studi siano con grande amore e con felice successo coltivati. Intorno a questo medesimo argomento e ad altri relativi alla antichissima italiana antropologia, si vanno da alcuni anni occupando anche i dotti stranieri; e l'*Anthropological Review* di Londra ne tratta in più luoghi, e segnatamente nel suo N.° 17, pubblicato nell' aprile 1867.

Ella era sino a questi ultimi anni certamente una delle tante deficienze, e non certo la meno deplorevole, della odierna coltura italiana, la singolare povertà degli studi linguistici ed etnografici. Non solamente erano troppo scarsi i discepoli che amassero formarsi ai nobili insegnamenti dei Flecchia, dei Gorresio, dei Degubernatis, dei Lignana, dei Sapeto, e degli altri dotti nostri filologi; ma pochi eziandio si contavano coloro che consacrassero allo studio delle lingue, considerate anche come mero strumento d' investigazione letteraria o scientifica, le cure ch'esso pur meriterebbe. Si comincia oggi finalmente a comprendere che un uomo il quale ignori i quattro o cinque illustri idiomi, nei quali pensano, parlano e scrivono le nazioni più civili dell' umanità, non ha, per quanto sia d'altronde profonda la sua classica erudizione, oramai più il diritto di chiamarsi vero scienziato.

Ma è tempo ch' io ponga fino a questa mia lunga lezione, nella quale fu mio studio di riassumere, per quanto i confini di questo genere di lavori m' el consentivano, i più notevoli risultamenti della odierna Antropologia, indicando almeno le nobili vie, sulle quali ha questa scienza a' dì nostri diretto le sue feconde elucubrazioni.

E qui, giunto al termine di questa mia grave impresa, nella quale volli porgere a' miei benevoli Uditori un compendioso ma fedele quadro dei grandi fenomeni della Vita sul nostro pianeta, siami permesso di esprimere la speranza che, nonostante le molte lacune che

la mia debolezza possa avervi lasciato, ed i non pochi difetti che l'opera mia sia ancora per presentare, io abbia però abbastanza conseguito il precipuo fine propostomi: quello, cioè, di palesare, attraverso alla infinita varietà dei fenomeni stessi, l'intima e sostanziale loro unità, e la suprema legge di continuità, che tutti li domina ed insieme li congiunge. Nessuno sentirà mai più profondamente di quel che io la senta l'immensa sproporzione tra l'altezza e la vastità dell'argomento che ho preso a trattare, o la povertà delle forze e delle cognizioni che io poteva recarvi. Io confido però che la temeraria audacia mi verrà facilmente perdonata da coloro i quali vorranno riconoscere la necessità di alzare a queste nobili contemplazioni le menti culte in Italia, dove un simile lavoro non era stato finora, ch'io sappia, tentato da altri. Ed augurando che, fra i giovani miei concittadini, ai quali il mio lavoro è peculiarmente destinato, taluno ve ne sia, a cui una potenza d'ingegno di gran lunga maggiore della mia conceda lena sufficiente per ripigliare con migliore successo la sintesi ch'io ho appena abbozzata, finirò ripetendo questi splendidi versi che sgorgarono, non ha guari, dalla ispirata vena del poeta-filosofo Littré:

« O Terre, mon pays, monde parmi les mondes,
« Tandis que je te suis dans les plaines profondes,
« Un plaisir me saisit, austère et pénétrant,
« A' joindre nos destins dans l'immense carrière,
« Sans limite en arrière,
« Sans limite en avant.

463.732

INDICE ALFABETICO

DELLE PRINCIPALI MATERIE TRATTATE E DEGLI AUTORI

CITATI NELL'OPERA

Abbadie (D') 672.
Abbassamenti del suolo 145, 600, 635, 665.
Abbreviazioni dei viaggi marittimi 21.
Abissinia (Pioggia in) 378.
Abulfeda 43.
Abuzaïd 11.
Acantioni 747.
Acetato di piombo 719.
Acclimazione 722, 765.
Acido carbonico 709.
Acido nitrico prodotto dalle scariche elettriche 417.
Acotiledoni (Piante) 727.
Acqua (Vapore di) 350 V. *Igrometria*. — Sua influenza sui fenomeni vulcanici 561.
Acque (Azione modificatrice delle) 149.
Acque correnti (Loro azione sulle terre) 636.
Acque marine — Loro composizione 170.
Acque termali 544, 546.
Actinismo 469.
Acustica V. *Suono*.
Adansonia 729.
Addomesticazione 765.
Adelsberg (Grotta di) 695.
Adhèmar 165, 581.
Adoratori del fuoco 551.
Adramaut 620.
Adria (Città) 150.
Adriatico (Modificazioni nel letto dell') 141.
Aeppli 783.
Afelio 148.
Affluente 668.
Africa (Descrizione) 622.
Africa (Circumnavigata) 50.
Africa (Circumnavigazione tentata dagli Antichi) 33.
Africa (Clima dell') 293.
Africa (Esplorazioni nell') 61.
Agassiz 62, 819.
Agata 715.
Agave americana 727.
Ago magnetico V. *Magnetismo*.
Agricoltura 734.
Agua (Vulcano) 556.
Ai-Aï 746.
Albania (Monti di) 644.
Alberto (Frate viaggiatore) 47.
Albione 34.
Albite 708.
Alcali 700.

Digitized by Google

Alce 750.
Aldjezireh 674.
Alessandro (Frate viaggiatore) 47.
Alessandro Magno (Sue conquiste, utili alla Geografia) 37.
Alghe 738.
Alimentazione fluviale (Linee di) 656.
Alimentazione — Come influisca sulle qualità distintive delle razze 754.
Alisei V. *Venti*.
Alleghani 632.
Allevatori di bestiame 754.
Alluminio 713.
Alluvioni dei fiumi 450, 656.
Almagro (Diego) 52.
Almagrurin 44.
Almamun 43, 75.
Aloni 487.
Alpi 609 — Loro classificazione geologica 609 — Classificazione geografico-fisica 610 — Classificazione geografico-descrittiva 610 — Descrizione 643.
Alpi scandinaviche 646.
Altai 645.
Altitudine (Influenza della) sulle temperature 247 — Sulle pressioni 330 — Sull'igrometria 353 V. *Piante*
Altitudini positive e negative dei continenti 594.
Altitudini principali sul globo 649.
Alvernia (Coni vulcanici dell') 553.
Alvernia (Monti di) 608.
Amatista 715.
Amazzoni (Fiume delle) 659, 681.
Amboina 555.
America 626.
America (Forma geocrale dell') 606.
America (Scoperta dell') 54.
America (Sue temperature paragonate a quelle d'Europa 234.
Amici (Isole degli) 554.
Ammoniaca nell' Atmosfera V. *Atmosfera, Elettricità*.
Ampère 455.
Amster 747.
Amur 678.
Amurat III 55.
Anacardium 723.
Anacharis alsinastrum 723.
Anapa 642.
Anaiuac 555, 632.
Anassagora 70.
Anassimandro 38, 69.
Anassimene 38.
Andamane (Isole) 557.
Ande 626, 648 — (Cambiamenti dei climi sulle) 604 — (Formazione delle) 446 — (Vulcani delle) 553.
Andrau 64.
Anelli di Saturno 131.
Anelli planetari primitivi 130.
Anello nubiloso equatoriale 364.
Anemometria V. *Venti*.
Anfibii 748.
Angolo facciale 808.
Animale (Regno) 455.
Animali — Loro distribuzione geografica 737 — Impossibilità di segnare una recisa linea di separazione tra l'animalità e la vegetazione 737 — Profusione dei germi animali in Natura 739 — Numero delle specie e loro classificazione 742 — Varietà delle faune dei diversi paesi 743 — Distribuzione dei Mammiferi, e sue leggi 744 — Limiti della localizzazione delle specie 751 — Errore della signora Somerville 751 — Singolarità della fauna delle isole Gallapagos 753 — Variabilità delle specie 755 — Domesticazione 764 — Acclimazione 765 — Naturalizzazione 765 — Emigrazioni degli Animali 767 — Proporzioni fra gli animali e la vegetazione 769 — Loro relazioni con l'abitazione 769. — Intelligenza degli animali 842.
Anno Magno 342.
Anone (Periplo di) 33.
Anoplotorio 139.
Anscaire 44.
Anterozoidi 738.
Antichi (Loro idee in Geografia) 31, 35.
Antichità dell'uomo 784.
Antille 631 — (Vulcani delle) 558.
Antilopi 749, 750.
Antimonio 710.
Antisana (Vulcano) 556.
Antracite 713.

Antri 694.
Antropologia 771 — Sue tendenze 772 — Suoi avversari e detrattori 773 — Classificazioni delle razze umane 776 — Linneo 776 — Bory de S. Vincent 776 — Blumenbach 777 — Cuvier 777 Isidoro G. S. Hilaire 778 — Malte-Brun 779 — Cloquet 779 — Prichard 780 — Doppia indagine fondamentale dell' Antropologia 780 — Paleoetnologia, Antichità dell' uomo 783 — Le Palafitte lacustri 784 — Età del Ferro e del Bronzo 785 — Statistica retrospettiva dei villaggi lacustri della Svizzere 787 — La Fauna contemporanea dei Lacustrini 789 — Età della pietra 794 — Epoche archeolitiche e neolitiche 794 — Cranio del Neanderthal 795 — Mascella della Naulette 796 — Ossa umane trovate nel pliocene di Savona 797 — Cronologia paleoetnologica 800 — La forma del cranio 803 — Indice cefalico 804 — Brachicefali e dolicocefali 805 — Ortognati, Prognati, Angolo facciale 807 — Norma froetale, occipitale, verticale 809 — Volume e massa cerebrale 810 — Rapporti con le facoltà intellettuali 811 — Le altre parti del corpo umano 812 — Le cause finali 813 — Gli avversari della scoperte antropologiche, e loro mala fede 814 — Carattere della moderna filosofia 816 — Rapporti tra il cervello e l' intelligenza 817 — Angolo facciale di Camper 817 — Intelligenza degli animali 819 — Inesattezza della distinzione tra Bimani e Quadrumani 821 — Basi della linguistica o delle etnografia 824 — Razze Ariane e razze Turaniche 826 — I Liguri primitivi 832.
Antropomorfe (Scimmie) 745.
Antuco (Vulcano) 556.
Apalini 745.
Appennini 614.
Arabia 620.
Arabi antichi (loro civiltà e cognizioni geografiche) 42.
Arabico (Mare) 169.
Arago 309, 312, 417, 420, 444, 474, 504, 509.
Arancio 732.
Ararat 612.
Archeolitica (Età) 793.
Archeologici (Calcoli) sull' antichità dell' Uomo 800.
Archi supplementari dell' Iride 483.
Arcobaleno 475.
Arco primario dell' Iride 475.
Arco secondario dell' Iride 483.
Ardesia 709.
Aree continentali — Loro proporzione con le coste marine 575.
Areoliti 507 V. *Stelle cadenti.*
Areostati (adoperati in Meteorologia) 247.
Argento 710
Argilla 709.
Aria V. *Atmosfera.*
Ariano (Razze e lingue) 824.
Arimaspi 34.
Aritmetica botanica 727.
Arkansas 683.
Armadilli 749.
Armattan 299.
Armena (lingua) 825.
Armenia (Monti di) 612.
Armenie naturali 498.
Arsenico 710.
Artesiani (Pozzi) 564.
Articolati (Animali) 155.
Artiglieria V. *Suono.*
Ascaridi 751.
Ascelino 57.
Ascensioni alpine 355, 392.
Asfaltide (Lago) 621, 691. V. *Mare.*
Asia (Descrizione) 612.
Asia (Esplorazioni nell') 60.
Asia (Fiumi dell') 673.
Aspirazione (Colonna di) 268.
Asteria 715.
Asteroidi 67.
Astrolabio (Invenzione dell') 50.
Astronomia moderna 66.
Atavismo 757.
Ateruri 747.
Atlante (Monti) 608.
Atlantide 31.

Atlantico (Pressioni barometriche sull') 322 — (Profondità dell') 167.
Atmometro 304.
Atmosfera (Pressioni dell') 319 — Suo equilibrio 214 — Sua altezza 215 — Suo peso 224 — Sua composizione 222 — Sua temperatura 225 V. *Correnti atmosferiche — Calore — Venti.*
Atolli 636.
Attrazione delle Montagne 88 — (Universale) 115,207.
Attuali (Cause) 143.
Aureola 485.
Aurifere (Miniere) 710.
Aurora 474.
Aurora australe 462.
Aurora boreale 457 — Descrizione del fenomeno 458 — Corona e placche boreali 462 — Cause dei fenomeni aurorali 463.
Aurora polare 457.
Australia 633.
Australia (Viaggi all') 21, 59, 64.
Automatici (Strumenti) in Meteorologia 304.
Autunno V. *Stagioni.*
Aveiro (Viaggi di) 50.
Avena 734.
Azof (Salsedine del mare di) 171.
Azoiche (Rocce) 702.
Azorre (Isole) 557.
Azoto 222, 700.
Azzurri (Monti) 614, 634.
Azzurro (Colore) del mare 172.

Babilonia 674.
Babinet 160, 490, 559, 659.
Bahrossa 750.
Bacchetta magica (Possessori della) 653.
Bacini lacuali 685.
Bacino fluviale 668.
Bacone 65.
Baddeley 434.
Baer (Von) 663, 803.
Bahama (Isole di) 634.
Bahr-el-Abiad e Bahr-el-Azrek 672.
Baker 673.
Baker (Vulcano) 555.
Bakewell 843, 158.
Bakù 551.
Balboa (Nuñez de) 52.
Balcani 644.
Balducci-Pegoletti 48.
Balena 195, 751.
Balfour 727.
Baltico 167, 171.
Baobab 729.
Barlow 455.
Barometro 221, 319 — Variazioni del Barometro V. *Atmosfera* e *Pressioni.*
Barral 219.
Barre dei fiumi 667.
Barth 161, 673.
Basalti 566, 695.
Baschi 826, 830.
Battriana (lingua) 824.
Beagle (Viaggio del) V. *Darwin.*
Beaumont (Elia di) 62, 129, 764.
Beccari 752.
Beccaria 87, 106.
Beechey 60.
Behaim (Martino) 50.
Behrmann 518.
Beke 673.
Beli 803.
Bellot 60.
Bellinghausen 60.
Bel-Tempo (Vulcano di) 555.
Belzoni 64.
Bengala (Modificazioni del golfo del) 151.
Benturong 748.
Benzenberg 504.
Berar (Monti) 614.
Berillo 715.
Bert 744
Bertrand 581.
Bertuccia 745.
Berzelius 547.
Beudant 504.
Bianco (Mare) Sua salsedine 171.
Bianco (Monte) V. *Alpi.*
Bimani (Ordine dei) 777, 821.
Biot 219, 509.
Biscoe 60.
Bismuto 710.
Bisonte 790

Bitumi 551.
Bizio 219.
Blake 795.
Blenda 713.
Blocchi erratici 389.
Blosseville 441.
Blumenbach 62, 777, 803.
Boato del terremoti 538.
Boemia (Monti di) 611.
Bogda-Oola 615.
Bogs 689.
Boissat 262.
Bolidi 507.
Boior-Tagh 615.
Bonite (Viaggio della) 593.
Bonpland 61.
Boothia-Feliz 442.
Borda 93.
Bore 659.
Boristene 670.
Borneo 569.
Borneo (Oliidii a) 751.
Bory-de-S. Vincent 776.
Boscovich 87.
Botanica (Geografia) 717.
Botta 674.
Bottiglie (Metodo delle) per determinare le Correnti 494.
Boucheporn 437.
Boucher des Perthes 792.
Bougainville 59.
Bouguer 484, 492.
Bourgois 279, 365.
Bournouf 824.
Boussaingault 61, 213.
Boutacheff 60.
Bove (Val di) 569.
Bowdich 446.
Brachicefali 804.
Bramaputra 676.
Bramaputra (Azione modificatrice del) 151.
Bramidos del Terremoti 538.
Brasile 628 — (Scoperta del) 52.
Bravais 504.
Bremontier 602.
Brewster 487, 845.
Brito-Capelin 64.
Broca 816.
Brocken (Spettro del) 690.
Bronguiart 547.
Bronzo (Età del) 785.
Brooke (Scandaglio di) 166.
Browniani (Movimenti) 720, 737.
Brughiere 647.
Brusselle (Congresso meteorologico di) 64.
Buch (Leopoldo De) 144, 278.
Bue 750.
Buffon 87, 165, 593, 777.
Bunbury 784.
Bunsen 62.
Buoi dalle piccole corna 158.
Buona-Speranza (Capo di) 59.
Burchell 768.
Burckardt 60.
Burke 61.
Burnes 60.
Burton 61, 672.
Bussola di Declinazione 439.
Bussola d'Inclinazione 447.
Bussola folle 442.
Bussola nautica (Invenzione della) 51.
Buys-Ballot 64.
Byron 638.

Caboto (Famiglia del, Navigatori) 52.
Cabral 52.
Cabulistan 613.
Caccia (Grotta del Capo) 696.
Cacciatore (Prof.) 536.
Cacciatori 747.
Cactus opuntia 732.
Cadamosto 48, 50.
Cailiaud 61, 672.
Caillé 61.
Cainozoiche (Rocce) 702.
Caire 831.
Cairo 673.
Calabrie (Terremoto delle) 542 V. *Terremoto.*
Calamina 713.
Calamita V. *Magnetismo.*
Calcari (Terreni) 694.
Calce 708.
Calcio 700.
Cincutta (Piogge a) 376.

Calipso 34.
Calme equatoriali 273, 284.
Calore centrale del globo 132, 534, 559.
Calore latente nelle alte regioni atmosferiche 528.
Calore solare (Sua azione sul mare) 186.
Calore — Principio efficiente della Forza 224 — Calore proprio del globo 225 — Variazioni del calore secondo le profondità terrestri 226 — Calore solare 227 — Calore degli spazi planetari ecc. 227 — Influenza della obliquità dei raggi solari 229 — Sperdimento nello spazio 230 — Influenza del mare sul calore delle terre 231 — Influenza della vegetazione 231 — Influenza del clima di una contrada su quello delle altre 232 — Climi di America 234 — Linee isotermiche 233 — Linee isoteriche 238. Linee isochimeniche 239 — Variazioni mensili del Calore 240 — Variazioni diurne della Temperatura 245 — Variazioni delle temperature in ragione di altitudine 247 — Influenza sulla vegetazione 249 — Nevi perpetuo 249 — Temperature medie dei principali luoghi della Terra 253 Temperatura di Genova 260 — Influenza del Clima sull'uomo 263 — Influenza del calore sui venti 268.
Cambodje 677.
Camello 623, 750.
Camoscio 750.
Camper 62, 779, 808.
Campi Flegrei 558.
Campina 618.
Canadà 632.
Canarie (isole) 557.
Cane 748.
Cane (Grotta del) 695.
Cane selvaggio 757.
Canestrini 784.
Canidi 748.
Cannone (Velocità del suono dei colpi di) 503.
Canton (Fiume di) 677.
Capibara 747.
Capo delle Tempeste 50.
Capo di Buona Speranza (Scoperta del) 50.
Capodogli 751.
Capo Horn (Scoperta del) 59.
Capo Verde (Scoperta del) 50.
Caprotini 750.
Carahuirazo (Vulcano) 556.
Carbone fossile 713.
Carbonifero (Periodo) 135.
Carbonio 223, 699.
Carlini 80.
Carlsbad (Acque di) 549.
Carnivori 747.
Caroline (Isole) 638.
Carpini 47.
Carrière 604.
Carteret 59.
Cartesio 819.
Casmiria 643.
Cassini 77, 445, 505.
Castagne 735.
Castagno de' cento cavalli 729.
Castori 747.
Cathai di Marco Polo 49.
Cattaneo 825.
Caucaso 612.
Cause attuali (Teoria delle) 143.
Cause finali 844.
Cavallo 749, 768.
Caverne 694.
Cebini 745.
Cedron (Torrente di) 691.
Ceilan 614.
Celebe 555.
Celesia 830, 834.
Celsio 445.
Celti 45, 786.
Centrale calore 132, 534, 559.
Centrifuga (Forza) 78, 117.
Cereali (Coltivazione dei) 734.
Cervello 810.
Cervello e potenza intellettuale 817.
Cervo 750.
Cervo volante 405.
Cesare 37.
Cescili 784.
Cesio 710.
Cetacei 750.
Chabannes (Antichità di) 790.
Chacornac 562.
Chaillou (Du) 61, 747.

Chappe 417.
Chardin 60.
Chat-El-Arab 674.
Cheiromy 746.
Cheiroterion 137.
Chetami 747.
Chili 627.
Chili (Conquista del) 52.
Chimborazo 556.
Chimpanzé 745.
Chirotteri 746.
Chladni 509.
Cholera (Stato dell'Atmosfera durante le epidemie di) V. *Atmosfera, Elettricità.*
Cialdi 184.
Cicidie 741.
Cicloni 297, 336 — Rotazione nei due Emisferi 337 — Traiettoria 337 — Velocità 338 — Cause che li producono 339 — Lato domabile delle tempeste a tipo rotatorio 341 — Manovra di una nave per sottrarsi ad un ciclone 342 — Tempeste di Europa 345 — Leggi di Dove 347.
Ciclopi 31.
Ciclopi (Isole dei) 568.
Cimerii 31.
Cina 620.
Cinghiale 750.
Cinitti 748.
Cinocefali 745.
Ciocca 444, 448.
Circu 31.
Circolo di Ulloa 485.
Circolo paraselenico 489.
Circolo parelico 489.
Circolo ripetitore 93.
Circonferenza (Misura della) 73.
Circumnavigazione del globo (prima) 52.
Cirri 359.
Civiltà (Influenza del Clima sulla) 263.
Clairaut 80.
Clapperton 64.
Clavijo (Viaggiatore) 48.
Clima dell'Italia 237. — Sue Variazioni storiche 604.
Clima (Influenza del) 263.
Climi V. *Calore — Igrometria — Piogge*).
Climi (Antica divisione della Terra per) 38.
Climi (Origine dei) 139.
Climi (Variazioni dei) 593.
Cloquet 779.
Cloud-ring 360.
Cobalto 710.
Cocchi 784, 792.
Coccinigliа 732.
Cocco 735.
Code di vento 431.
Coendù 747.
Colima (Vulcano) 556.
Colobi 745.
Colladon 504.
Colocasia esculenta 738.
Colombia 631.
Colombiano (Arcipelago) 634.
Colombo (Cristoforo) 54, 380.
Colonizzazione 829.
Colonna barometrica V. *Barometro.*
Colorado 683.
Colorazione del Mare V. *Mare.*
Columbia (Fiume) 683.
Comete 522.
Commercio (Quanto giovevole alla Geografia) 36.
Como (Lago di) V. *Laghi.*
Comorino (Capo) 644.
Compluvio 668.
Conchiglie 709.
Conchiglie fossili 163.
Condiluri 746.
Condoro 744.
Confluente 668.
Conglomerati 702.
Congo (Fiume) 671.
Coni Vulcanici (Emersione e formazione dei) 563.
Coniferi 154.
Conquista 829.
Conquista (Spirito di — giovevole alla Geografia) 36.
Contarini (Viaggiatore) 49.
Conti (Nicolò de') 49.
Continentale (Clima) V. *Calore.*
Continenti Loro forma generale 574 — Proporzione tra i continenti e le coste marine 575.
Contiouità in Natura 760.
Contro-alisei 274.

Cook 59.
Corallo (Isole e scogli di) 636.
Cordigliera delle Ande 626, 648.
Cordigliera (Cambiamento dei climi sulla) 604.
Cordigliera (Formazione della) 446.
Cordigliera (Vulcani della) 553.
Corone 486.
Corpi semplici e composti 698.
Corrente equatoriale 198, 270.
Correnti atmosferiche 266, 346 V. *Atmosfera — Venti.*
Correnti del mare 186.
Correnti polari 201, 270.
Corsi d' acqua V. *Fiumi* o *Idrografia.*
Cortez (Fernando) 52.
Coseguina (Vulcano) 278, 536.
Cosmo (Origine del) 430.
Cosmogonie V. *Terra.*
Costanti (Venti) V. *Venti.*
Costellazioni 112.
Costituzione della superficie del Globo 573.
Cotiledoni 727.
Cotopaxi 153, 552, 553.
Coulvier — Gravier 313, 518.
Covilhan 48.
Coxwell 499.
Cranio (forme del) 803.
Crawfurd 827.
Creazione (Idea di) 760.
Crepuscolo 472.
Cretaceo (periodo) 137.
Crimea 612.
Crisocloro 716.
Cristallizzazioni 716, 718.
Crociate (utili alla Geografia) 45.
Cromlechs (Pietre celtiche) 45.
Cromo 710.
Cronologia paleoetnologica 801.
Cronometri 58.
Crosta terrestre (Sua spessore — Sua formazione) 132.
Crostacei 155.
Ctenomys brasiliensis 753.
Cuaggas 749.
Cumuli 360.
Curve termometriche V. *Calore*
Cuvier 62, 129, 593, 777.
Dalibard 405.
Damani 749.
Danubio 669.
Darien (Istmo di) 556, 631.
Darwin 62, 145, 147, 153, 156, 235, 388, 426, 539, 604, 639, 752.
Daubrè 518 V. *Stelle cadenti.*
Dauw 749.
De Buch 144.
De Candolle 469.
De Chabannes 64.
Decimalo (Sistema metrico) 92.
Decken 673.
Declinazione magnetica V. *Magnetismo.*
Degubernatis, 832.
Deherain 507.
Delambre 93.
Deifloo 750.
Demavend 558, 643.
Denan 61.
Dendriti 794.
De Notaris 600.
Deoti 807.
Dentizione 822.
Denza 64, 518, 523.
Depressione polare V. *Terra.*
Depressioni del suolo 647.
Deriva (per misurare le correnti) 493.
De-Rossi 792.
Descartes 819.
Deserto 374, 622.
Deserto (Fenomeni ottici nel) 494.
Desmani 746.
Desor 609.
Devonico (Periodo) 135.
Dialetti 826.
Diamante 715.
Dias (Bartolomeo) 50.
Dicearco 40.
Dicotiledoni 728.
Didelfi 139, 744.
Diemenia
Dilatazione dei Ghiacciai V. *Ghiacciai.*
Diluvi periodici 581.
Diluviale (Periodo) 140.
Dinoterio 139.
Diopodi 717.
Disa grandiflora 722.
Dispersione della Luce V. *Arcobaleno.*

Distribuzione geografica degli Animali V. *Animali.*
Distribuzione geografica dei minerali V. *Rocce.*
Distribuzione geografica delle piante V. *Piante.*
Distribuzione geografica delle razze umane V. *Antropologia — Etnografia — Uomo.*
Dnieper 670.
Dniester 670.
Dofrine 646.
Dolicocefali 804.
Domesticazione 765.
Doria (Giacomo) 60, 730, 752.
Doria (Tedisio) 48.
Dove 64, 277, 345.
Drago (Raff.) 260, 368, 426.
Dragoni 31.
Drummond (Lago) 689.
Du-Jardin 294.
Dune 602.
Duperrey 441.
Dupont 795.
Dureau-de-la-Malle 604.
Durer (Alberto) 808.
Duro (Fiume) 669.

Ebn-Aukal 43.
Ebro 669.
Ecclissi di luna adoperati per le longitudini 56.
Echimidi 747.
Echinorinco 741.
Ecla 453, 557.
Eclittica 444.
Eco 505.
Edels 59.
Edrisi 43.
Egitto 450, 673
Ehrenberg 452, 740, 741.
Eichwald 60.
Elba 670.
Elbruz 642.
Elcano 52.
Elefanti 749.
Elementi chimici 628.
Elephas primigenius — ed E. antiquus 799.
Elettricità — Suo sviluppo durante le Eruzioni vulcaniche 569.
Elettricità atmosferica — Come modificata dallo stato igrometrico dell'aria 350 — Sua scoperta 405 — Sua natura 406 — Influenza sulle piogge 407 — Variazioni diurne 410 — Variazioni annue 411 — Temporali 412 — Origine della Elettricità atmosferica 414 — Azione delle vette montane 416 — Influenza delle scariche elettriche sull'Atmosfera 417 — Produzione dell'Osono 417 — Influenza igienica della elettricità atmosferica 418 — Meteore elettriche 419 — Fuochi di Sant' Elmo 419 — Vari tipi di Lampi 420 — Folgoriti 423 — Personaggi storici fulminati 425 — Temporali folgoranti e loro distribuzione geografica 425 — Temporali in Genova 426 — Distribuzione dei temporali folgoranti per stagioni 427 — Perchè meno numerosi, ma più pericolosi in inverno, che in estate 427 — La Grandine 428 — Trombe elettriche 430 — Influenza della Elettricità sulle epidemie e sul Cholera 418 — Intervento dell' Elettricità nelle Aurore boreali 464.
Elezione naturale 453.
Elezione naturale ed artificiale 755, 183.
Elmo (Fuoco di Sant') 419.
Elvend 642.
Emanazioni gazose 544.
Emerson 383, 718.
Emigrazioni degli Animali 767.
Emissarii 688.
Emissione (Teoria della) 466
Enciclopedisti 806.
Entrescateaux 60.
Eocene 139.
Eozon Canadense 135.
Epoche geologiche 130.
Epoche preistoriche 785.
Epomeo 558.
Equatore magnetico 448.
Equatore termico 233.
Equatore (Venti all') 269.

Equinozi 111 — Loro Precessione 122, 582.
Equivalenti chimici 698.
Equus curvidens 139, 768.
Eratostene 38, 74.
Ercolano 569.
Erebo (Monte) 60, 556.
Erigoron canadense 728.
Erinnidi 746.
Erodoto 784.
Eruttivi (Terreni) 701.
Eruzioni V. *Vulcani*.
Escayrac 623.
Escobar (Viaggi di) 50.
Escrescenze periodiche de' fiumi 656.
Esiodo (Suo concetto sulla forma della Terra) 72.
Esperidi 31.
Estate V. *Stagioni*.
Età delle montagne 704.
Età delle Rocce e dei Terreni 703.
Età preistoriche 785.
Etere 167.
Eterei (Spazi) 131.
Etesie 285.
Etesii (Venti) 287.
Etna 552, 565, 569.
Etnografia V. *Antropologia*.
Etnologia V. *Antropologia*.
Eucalipti 730.
Eduosso 34.
Eufrate 674.
Euganei (Colli) 558.
Europa (Descrizione) 607.
Europa (Tempeste di) 345.
Evoluzioni (Teoria delle) 143.

Facciale (Angolo) 808.
Faccocci 750.
Faivre 755.
Faraday 400, 463.
Faraglioni 568.
Farinacee (Piante)
Faro d'Isaico 556.
Farrar 62.
Fasi lunari V. *Luna*.
Fata Morgana 497.
Fauna della Età della pietra 789.
Fauno (Successione delle) 154.
Faune V. *Animali*.
Fecondazione artificiale 755.
Fecondità degli Animali 755.
Felci 728.
Feldspato 708.
Felini 748.
Feuerbach 816.
Fenici 786 — Loro scoperte geografiche 32.
Fernandez (Isola di Juan) 554.
Fernel 76.
Ferro 709.
Ferro (Età del) 785.
Fichte 816.
Filippine (Vulcani delle) 555.
Filiostomi 746.
Filo a piombo 88.
Filoni Metallici 710.
Finali (Cause) 814.
Fingal (Grotta di) 506.
Fisica del Globo (Importanza della) 17 — Sue divisioni 23. — Sue recenti scoperte 27.
Fitolitarie 740.
Fitz-Roy 27, 64, 176, 360, 444.
Fiumi — Loro azione modificatrice 596. — Loro sorgenti 652 — Teoria delle Fonti 653 — Temperatura delle fonti e dei Fiumi 654 — Escrescenze periodiche dei fiumi 656 — Fenomeni delle maree nei fiumi 658 — Mascaret, Pororoca ecc. 659 — Direzione e Orientazione dei fiumi 660 — Velocità dei fiumi 661 — Influenza esercitata sul corso dei fiumi dalla rotazione terrestre 662 — Passe, barre, foci ecc. 666 — Sistemi fluviali d'Europa 668 — Sistemi fluviali di Africa 671 — Sistemi fluviali dell'Asia 674 — Sistemi fluviali dell'America 679 — Sistemi fluviali dell'Oceania 685.
Flammarion 562.
Flecchia 834.
Flegrei (Campi) 558.
Fiore (Successione delle) 154.
Fiore V. *Piante*.
Flourens 767.
Flusso V. *Mare* 207.

Flying-Fish 21.
Foca 748.
Foci dei Fiumi 666.
Foissac 604.
Folgore V. *Elettricità Atmosferica.*
Fontane ardenti 551.
Fonti (Teoria delle) 653.
Fonti termali 546.
Foraminiferi (nel fondo dei mari antichi ed attuali) 152.
Forbes 399.
Foresi 784.
Foreste (Influenza climatica delle) 380.
Fori Meridiani 403.
Forma della Terra V. *Terra — Sfericità.*
Forme organiche 759.
Formichieri 749.
Forster 639.
Fortunate (Isole) 34.
Forze fisiche — Loro unità 436.
Forze interne del Globo 533, 599.
Forze molecolari 749.
Fosforescenza del mare 174, 766.
Fossili 135, 702.
Fossilifere (Rocce) 702.
Foster 504.
Fouchè 560.
Fraina 735.
Francisco (Fiume S.) 680.
Franc 597.
Franklin (Beniamino) 405, 500.
Franklin (John) 60.
Frati viaggiatori 47.
Freccie di silice 788.
Freddo V. *Calore — Linee Isochimeniche — Neve — Ghiacciai.*
Frenologia 844.
Freycinet 60.
Frisi 87.
Frumento 727, 734.
Fuego (Vulcano) 556.
Fuhirott 793.
Fulmine V. *Elettricità atmosferica.*
Fuoco (Adorazione del) 551.
Fuoco di S. Elmo 419.
Fuoco Fatuo 545.
Fuoco (Terra del) 556, 627.
Fuster 605.

Gailenreuth (Grotta di) 695.
Galagos 745.
Galil o 56, 65.
Gall 844.
Gallapagos (Isole) 557, 745, 759.
Galleopittechi 746.
Galvani 831.
Gama (Vasco di) 50.
Gamba (Viaggiatore) 60.
Gambey (Bussole del) 439, 447.
Gango 663, 675.
Gange (Azione modificatrice del) 451.
Garda V. *Laghi.*
Gareili 549.
Garibaldi 290, 327, 367, 382, 426.
Gariep 671.
Garua (Nebbia) 449.
Gastaldi 600, 784.
Gasteropodi 135.
Gauss 451.
Gay-Lussac 451, 504.
Gaz (Emanazioni terrestri di) 544.
Gaz (Equilibrio dei) 244. V. *Atmosfera.*
Gazzelle 749.
Gemme 715
Generazione spontanea 739.
Genesi Mosaico 780.
Gengiskan 46.
Genova (Clima di) 260, 280, 327, 367, 382, 426, 444.
Geografia Antropologica V. *Antropologia.*
Geografia Astronomica 23.
Geografia Botanica 24. V. *Piante.*
Geografia Fisica 23.
Geografia Matematica 23, 55.
Geografia Zoologica 24. V. *Animali.*
Geografia degli Antichi 31.
Geografia delle Piante 720.
Geografia (Storia della) 31.
Geologia 128.
Geomidi 747.
Gerbille 747.
Germi (Profusione dei) in Natura 739.
Geysers d'Islanda 549.
Ghati (Monti) 644.
Ghiacci natanti 176.
Ghiaccial 232 — Loro numero nelle Alpi 385 — Loro mole nelle Alpi, sull'Imalaia ecc. 385 — Ghiacciaio

fossile 387 — Ghiacciai della Terra del Fuoco e della Cordigliera delle Ande 388 — Loro importanza in Geologia 389 — Loro graduale formazione 394 — Movimento dei Ghiacciai 397 — Teoria di De Saussure 397 — Teoria di Charpentier 398 — Teoria di Forbes 399 — Teoria di Tyndall 399 — Modificazioni che i Ghiacciai imprimono alle rocce 402 — Ghiacciai polari e loro periodiche evoluzioni 582 V. *Neve*.
Ghiacciuoli della Grandine 429.
Ghiottoni 748.
Ghiri
Ghirlanda (Scogliere a) 637.
Giallo (Fiume) 677.
Giallo (Mare) Sua salsedine 174.
Giardini Zoologici e di Acclimazione 766.
Giava (Vulcani di) 555
Gibboni 745.
Giganti (Grotta dei) in Irlanda 568.
Gilbert 449, 455.
Gillespie 845.
Gillifillan 845.
Gillieron 802.
Gilolo (Vulcani di) 555.
Gilpin 445.
Gimnuri 746.
Ginevra (Lago di) V. *Laghi*.
Giola (Flavio) 51.
Giordano (Fiume) 694.
Giorno solare e giorno sidereo 120.
Giove (Pianeta) 67, 80.
Giraffa 750.
Ginrese (Periodo) 437.
Glaciali (Periodi) 440, 403.
Glaciologia V. *Ghiacciai*.
Glaisher 248, 499.
Globo (Rivoluzioni del) 429.
Gmelin 779.
Gnomone 38.
Gobi (Deserto di) 645.
Goethe 360, 733.
Goldingham 504.
Gorilla 745, 848.
Gorresio 834.
Goti 786.
Gotica (lingua) 825.
Gottardo (S.) 640.
Gradi di latitudine e di longitudine (Valori dei) 97.
Gradi di un gran circolo terrestre 80, 96.
Granate 745.
Gran-Bretagna, unita un tempo al Continente 595.
Grandine 428.
Granito 708.
Granito (Formazione del) 134
Grano (Coltivazione del) 734.
Grano (portato in America) 727.
Grano Turco (Sua coltivazione) 734.
Grano Turco (Sua influenza sulla diffusione dell' incivilimento) 727.
Grant 673.
Gratiolet 803.
Gravità 84.
Gravitazione Universale 115.
Greca (lingua) 824.
Greg 61.
Grenadiglie
Grijalva 52.
Groenlandia 640.
Groenlandia (Scoperta dai Normanni) 45.
Grotta di Fingal 506.
Grotte 694.
Grove 437.
Guachero (Grotta del) 695.
Guadalquivir 669.
Guadiana 669.
Guanahani 631.
Guascogna (Lande di) 617.
Guenoni 745.
Guepardo 749.
Guerra (Giovevole alla Geografia) 32, 36.
Guillemin 518.
Gulf-Stream 199, 299.
Gulf-Stream del Pacifico 205,

Hallam 814.
Halley 285, 455, 463.
Hamsin 299.
Haoe 490.
Hansteen 452, 455.
Harmao 673.
Harnheim (Viaggi di) 59.

Hartwig 729, 730.
Hechtor 397.
Hedisarum gyrans 738.
Hegel 816.
Heis 518.
Helamys 747.
Hell 463.
Helmholtz 437.
Henke 509.
Herder 779.
Herschel 62, 130, 509, 518, 521, 652.
Heuglin 663.
Hilaire (G. I. S.) 777.
Hire (De La) 57.
Hirn 437.
Hoang-Ho 677.
Hochstetter 397.
Hoest 61, 397.
Hojeda 52.
Holland 509.
Hong-kiang 677.
Horn (Capo) 59, 627.
Hornblend 566.
Horner 353.
Hornitos del Jorullo 153.
Howard 359.
Huc 60.
Hugly 675.
Humboldt (Alessandro) 60, 61, 62, 64, 144, 219, 248, 278, 449, 451, 463, 473, 504, 509, 521, 563, 593, 720, 726, 727, 771.
Humboldt (Guglielmo) 830.
Hunt 469.
Huntor 808.
Husckke 811.
Huxley 795, 817, 821.
Huygens 78.

Ibridismo 757.
Iceberga 176, 389.
Ictiosauro platiodon 137.
Idrogeno 700.
Idrografia 651 V. *Fiumi, Laghi.*
Idrometeore V. *Igrometria, Pioggia.*
Ighina 796.
Igiene (Influenze climatiche sull') 263.
Igrometria 350 — Varie specie d' Igrometri 351 — Tensione del vapore di acqua 352 — Variazioni per Stagioni 353 — Influenza delle altitudini 353 — Relazioni fra l'Igrometria e la Termometria 354 — Variazioni orarie 355 Variazioni mensili 357 V. *Piogge.*
Ignama 735.
Igrometro 351.
Iguanodonte 138.
Imalaia 613, 646.
Imbabura (Vulcano) 556.
Incandescenza originaria del globo 130.
Inclinazione magnetica 450.
India Cisgangetica 611.
India (Pioggie in) 395.
India Trasgangetica 614.
Indiano (Oceano) V. *Mare.*
Indice Cefalico 803.
Indo 663, 675.
Indo-Germaniche (Lingue) 824.
Indri 745.
Indu-Koh 613.
Ingenhousz 469.
Inghilterra — Un tempo unita al Continente 595.
Inia 751.
Inondazioni prodotte dai Vulcani 569.
Insetti microscopici 741.
Insettivori 746.
Insulare (Clima) V. *Calore.*
Intelligenza dell' uomo e degli animali 817.
Intensità magnetica 450.
Interferenze delle vibrazioni di Terremoto 536.
Interferenze luminose 474.
Interferenze sonore 502.
Inverni a Genova 289.
Inverno V. *Stagioni.*
Ippali V. *Monsoni.*
Ipparco 40.
Ippopotami 750.
Iran 825.
Irawaddy 677.
Iride 475.
Iride bianca 484.
Irradiazione terrestre 227 — Come modificata dalla Neve 384.

Irregolarità nella superficie terrestre 578.
Irtish 678.
Islanda (Geysers d') 549.
Islanda, scoperta dai Normanni 45.
Islanda (Vulcani dell') 557.
Isochimeniche (Linee) 235.
Isocliniche (Linee) 447.
Isodinamiche (Linee) 451.
Isogeotermiche (Linee) 546.
Isogoniche (Linee) 442.
Isolamento della Terra nello spazio 403.
Isoteriche (Linee) 233.
Isotermiche (Linee) 232.
Issel 784, 795.
Italia (Clima dell') 237.
Italia — Variazioni storiche del suo clima 604.
Italia (Venti dell') 288.
Italiana lingua 824.
Italiani (Viaggiatori, del Medio Evo) 48.
Itinerarii Romani 37.

Jackson 815.
Jansen 64.
Jaquemont 60.
Jemen 620.
Jena 748.
Jena delle caverne 792.
Johnston 606.
Jomard 675.
Jorullo (Vulcano) 153, 556, 565.
Josephi 779.

Kaemtz 64, 321, 352, 356, 360, 473, 492.
Kaestner 504.
Kamsciatkà 555.
Kangoru 139.
Kant 430, 846.
Keller 784.
Kenia (Monte) 557.
Keplero 78, 420.
Kilauea (Vulcano) 564.
Kinkajù 748.
Kirkdale (Grotta di) 695.
Klapperton 672.
Kotzebue 60.
Krichna 644.
Krusenstern 60.
Kuen-Lun 615.
Kupfer 352
Kurili (Isole) 555.
Kutch (Penisola di) 557.

Labirinthodon 437.
La Caille 87, 503.
La Condamine 57, 499.
Lacustrini 789.
Ladak 675.
Ladoga V. *Laghi*.
Laghi 685 — Loro varietà 689 — Terreni favorevoli alla loro formazione 689 — Due zone lacuali nell' antico Continente 690 — Laghi d' Europa 690 — di Asia 691 — di Africa 692 — di America 693 — di Oceania 694.
Lagune 689.
Laing 61.
Lama 750.
Lamantini 750.
Lamark 454.
Lancie di silice 788.
Lande di Guascogna 617.
Lander 61.
Landzert 795.
Laperouse 60.
Lapislazzuli 745.
Laplace 429, 465, 220.
Laponia (Sollevamento della) 447.
Lartet 792.
Lassen 824.
Latino (Idioma) 824.
Latitudine (come determinata, in certe regioni, coll' inclinazione magnetica) 449.
Latitudine (Influenza della) sulle temperature 229.
Laugel 758, 760.
Lavagna (Cave di) 709.
Lave V. *Vulcani*.
Lavoisier 65, 470.
Layard 674.

Lecoq 738.
Leibnizio 814, 819, 831.
Leif 45.
Lemaire 59.
Lemano V. *Laghi*.
Lemma 744.
Lemming 747.
Lemuri 745.
Lena 678.
Leon (Ponzio di) 52.
Leopardo 748.
Lepidodendri 454.
Leporidi 747.
Lepre 747.
Leuca (Capo di) 641.
Leucofra 744.
Leuwin 59.
Leverrier 64.
Liais 227, 445, 423.
Libano 621.
Licopodiacei 454.
Liebig 447.
Lieu-Kieu 555.
Lignana 833.
Liguri primitivi 806.
Liguri primitivi (Ossa fossili di) 796.
Limite delle nevi perpetue 250.
Lindley 757.
Linee Isogeotermiche 546.
Linee Isogoniche — Isocliniche — Isodinamiche V. *Magnetismo*.
Linee Isotermiche — Isoteriche — Isochimeniche V. *Calore*.
Linneo 145, 776.
Linneo (Cratere lunare) 562.
Lingue V. *Antropologia*.
Linguistica V. *Antropologia*.
Lione 748.
Lione delle caverne 792.
Lioy 784.
Lisbona (Terremoto di) 536 V. *Terremoto*.
Litantrace 743.
Litiche (Età) 785.
Littrè 834
Livingstone 64.
Llanos 61, 630.
Loch 193.
Locke 846.
Locomozione — Fino a qual segno possa considerarsi proprietà esclusiva degli animali 738.
Lodoicea Seychellarum 722.
Long 474.
Long (Cap.) 644.
Longitudini (Determinazione delle) 56 e seg.
Lontra 748.
Lorenzo (Fiume San) 684.
Lorenzo (Lacrime di San) 517 V. *Stelle cadenti*.
Lori 745.
Lovaine 831.
Lubbock 696, 786.
Lucaio 52, 631.
Luce — Sua natura 466 — Fenomeni meteorologici dipendenti dalla luce solare 467 — Influenza della luce sui fenomeni della vita 468 — Aurora 471 — Crepuscolo 472 — Scintillazione delle stelle 473 — Teoria dell' Arcobaleno 475 — Formazione dell' Arco primario dell' Iride 475 — Formazione dell' Arco secondario dell' Iride 483 — Riflessione, Rifrazione e Dispersione della luce 475.
Lucrezio 65, 308.
Ludwig 779.
Luna 207, 309, 562.
Lunel-Viel (Grotta di) 695.
Luçon 555.
Lupo 748.
Lyell 62, 144, 177, 702, 707, 795.

Macaco 745.
Macedonia (Montagne di) 644.
Machi 745.
Maclaurin 80.
Macluro 60.
Macrosceli 746.
Macroscelidi 746.
Madagascar 622 — Sorgenti termali 551 — Sua singolare fauna 745.
Madera (Scoperta di) 50.
Madrepore 636.
Magellano 52, 73.

Maggiore (Lago) V. *Laghi*.
Magnesia 709.
Magnetismo terrestre — Magnete e Magnetismo in genere 436 — Aghi magnetici 438 — Meridiano magnetico 438 — Declinazione magnetica 438 — Bussola di Declinazione 439 — Osservatorii magnetici 441 — Carta dei Paralleli e dei Meridiani magnetici 442 — Linee isogoniche 442 — Bussola folle 442 — Poli magnetici 442 — Variazioni secolari della Declinazione magnetica 444 — Variazioni mensili della stessa 445 — Sue variazioni diurne 446 — Inclinazione magnetica 447 — Come adoperabile per determinare, in certe regioni, la latitudine dei luoghi terrestri 449 — Variazioni secolari della inclinazione magnetica 450 — Linee isocliniche 450 — Variazioni diurne della inclinazione magnetica 450 — Intensità magnetica 450 — Variazioni della Intensità magnetica 451 — Distribuzione Geografica dell' Intensità magnetica 451 — Linee isodinamiche 452 — Influenza dell' altitudine sulla intensità 453 — Massimi e minimi 453 — Natura e cause del magnetismo terrestre 454 — Perturbazioni e tempeste magnetiche 456 — Aurore boreali 457.
Magnetometro bifilare 454.
Malale 750.
Mais 734, 745
Malabar (Pioggie nel) 375.
Malesia 633.
Malmhann 253.
Malus 439.
Malte-Brun 779.
Malthus 156.
Mammiferi 138 V. *Animali*.
Mammuth (Grotta del) 695.
Mandeville (Viaggiatore) 48.
Mandibole dei Primati 817.
Manganese 710.
Manghi 748.
Mangi di Marco Polo 49.
Manioca 735.
Mano dell' uomo 824.
Manovre di una nave, per sottrarsi ad un ciclone 342.
Manzanillo 470.
Maraldi 503.
Marañon 659, 684.
Marchand 60.
Marchesi (Isole) 59.
Mare (Geografia fisica del) 162 — Nelle epoche geologiche anteriori 163 — Funzioni del mare nella economia generale della Natura 164 — Questioni che in ordine al mare studia la Fisica del Globo 164 — Sua profondità 165 — Livello dei mari 169 — Composizione chimica dei mari 170 — Loro salsedine 171 — Loro colorazione 173 — Loro trasparenza 173 — Loro fosforescenza 174 — Loro temperatura 175 — Partizione geografica dei mari 177 — Volumi, masse, estensioni dei mari 178, 179 — Triplice categoria dei movimenti dei mari 180 — Moto ondoso 181 — Altezza delle onde 182 — Onda di fondo 184 — Profondità del moto ondoso 185 — Correnti del mare 186 — Influenza del calore solare 186 — Influenza della sfericità e della rotazione terrestre 187 — Influenza della salsedine e della densità 189 — Influenza dei venti 191 — Metodi per determinare le correnti 193 — Descrizione delle principali correnti oceaniche 197 — Mari di Sargasso 202 — Le maree 206 — Influenza dei mari sui climi 243 — Vicinanza dei Vulcani al mare 554 — Proporzione tra i mari e le terre 574 — Rivoluzioni del mare e teoria dei Diluvi periodici 587 — Superficie dei mari 587 — Spostamenti dei letti marini 595 — Corrosione delle spiaggie 596.
Mare di ghiaccio 385.
Mare Morto 621, 694.
Marca V. *Mare*.
Marea atmosferica V. *Atmosfera*.
Maree (Azione delle) sui lidi continentali 595 — Loro influenza sui fiumi 659.
Maremma toscana 604.
Maremoto 544.

Marianne (Isole) 557.
Marié-Davy 345, 352, 356, 372, 464.
Marino di Tiro 40.
Marin Sanuto 46, 49.
Marmo 708.
Marmotta 747.
Marsh 62, 379, 528.
Marsupiali 744, 754.
Martins 401, 468, 504.
Martora 748.
Mascaret 659.
Mascelle 807.
Mastodonte 439.
Masudi 43.
Materialismo 773.
Mathieu de la Drôme 27.
Matrice dei metalli 710.
Matteucci 64.
Mauna-Loa (Vulcano) 564.
Maupertuis 57, 88.
Maurizio Isola 557.
Maury 24, 62, 64, 495, 279.
Mayen (Isola di Giovanni) 641.
Mazzoldi 595, 834.
Mechain 93.
Mediterraneo 468 V. *Mare.*
Megalosauro 138.
Megaterio 440.
Mela 40.
Melanesia 633.
Menam 677.
Mendana 59.
Menhirs (Pietre Celtiche) 45.
Meray 464.
Mercurio 710.
Meriam 539.
Meridiano magnetico V. *Magnetismo.*
Meridiano (Misura del) 80 e seg. — 92 e seg.
Meroè 675.
Meropide 31.
Mesocefali 804.
Mesopotamia 676.
Messico 632 — Conquista del) 52.
Metalli 710 V. *Elementi.*
Metamorficha (*Rocce*) 704.
Metatarso 829.
Meteore acquee V. *Igrometria, Pioggia.*
Meteore acustiche V. *Suono.*
Meteore elettriche V. *Elettricità atmosferica.*
Meteore ignee V. *Uranoliti.*
Meteore (Influenza delle) 308.
Meteore luminose V. *Luce.*
Meteore magnetiche V. *Magnetismo.*
Meteorografo 305.
Meteoroliti 509 V. *Stelle cadenti.*
Meteorologia 65 V. *Atmosfera, Barometro, Pioggie, Venti, Magnetismo ecc.*
Meticci V. *Misticci.*
Metodo (adoperato nella osservazioni meteorologiche) 28.
Metodo (Importanza del Metodo in Geografia) 25.
Metrico (Sistema) 92.
Miani 675.
Micron 634.
Mileto (Scuola di) 38.
Miadanao 555.
Mindoro 555.
Minerali V. *Rocce, Terreni, Metalli ecc.*
Miniere 710.
Miocene 439.
Miraggio 493.
Mississipì 454, 664, 683.
Missuri 683.
Misticci 757.
Mitchell 64.
Molecolari (Forze) 719.
Molfetta 748.
Molibdeno 710.
Molluschi 455.
Moluche (Vulcani delle) 555.
Mongoli (Loro conquiste, utili alla Geografia) 46.
Mongolia 645.
Monocotiledoni 728.
Monodelfi 744.
Monotremi 744, 754.
Monsoni 283, 375.
Montagne (Attrazione delle) 88.
Montagne (Età delle) 704.
Montagna (Male delle) 335.
Monte-Nuovo 565.
Monti-Rossi 565.
Moors 648.
Moosedorf (Antichità di) 789.
Moreli 60.

Morene 397.
Morgana (Fata) 497.
Morges (Antichità di) 789.
Moriot 792, 800.
Morae-Garù (Vulcano) 277.
Moro (Lazzaro) 443.
Morsa 748.
Morton 817.
Mosasauro 438.
Moto diurno apparente delle stelle 404.
Moto diurno della Terra 404.
Moto oadoso del mare 180.
Movimenti (Complesso dei) della Terra 426.
Movimenti dell'atmosfera V. *Atmosfera, Venti.*
Movimenti del Mare 180.
Movimenti spontanei delle Piante 738.
Movimento dei Ghiacciai V. *Ghiacciai.*
Movimento, legge universa della Natura 594.
Mozambico 622.
Mufloni 750.
Muller 62, 675, 824.
Muller (Waldsee) 52.
Mulo 757.
Mungo-Park 64, 672.
Murawieff 60.
Muridi 747.
Musaragni 746.
Musica in Natura 498.
Musschenbroek 77, 473.

Nafta 554.
Naiadi 744.
Narvalo 754.
Naturalizzazione degli Animali 765.
Naulette (Mascella della) 795.
Navigazione (Vantaggi che ritrae dalla Fisica del Globo) 20.
Nasir-Eddin 43.
Nebbia 358, 394.
Necaono 33.
Negri (Cristoforo) 644.
Nembo 360.
Neanderthal (Cranio del) 793.
Neolitica (Epoca) 794.
Neozoiche (Rocce) 702.
Nero (Mare) sua salsedine 171.
Nettuno (Astro di) 696.
Neuillet (Antichità di) 790.
Nevè 394.
Neve — Sua formazione 381 — Quantità in vari paesi 382 — Forme cristalline 383 — Sua influenza sulla vegetazione 384 — Agenti di dissoluzione della neve 390 — Trasformazioni che essa subisce nei ghiacciai 394 — Ricongelamento della neve 400.
Nevi perpetue o permanenti 249, 377.
Newton 78, 415.
Newton (Prof.) 548.
Niagara 684.
Nicaragua 682.
Nichelio 710.
Nicobare (Isole) 557.
Nicolucci 784, 830, 831.
Niemen 670.
Niger (Fiume) 671.
Nilo 656, 672.
Nilo (Azione modificatrice del) 150.
Nilsson 786.
Niaivo 676.
Nitrato di argento 718.
Nodi dell'equatore magnetico 449.
Noilet 405.
Nord-Ovest (Passo del) 60.
Norma frontalis 809.
Norma occipitalis 809.
Norma verticalis 809.
Norman 448
Normanni (Loro scoperte geografiche) 44.
Norton 64.
Notasia 633.
Novara (Viaggio della Fregata) 397.
Nubi 358 — influenza elettrica che le vette esercitano sulle nubi 416 — Loro condizione durante la caduta della grandine 428 — Nubi procellose 407.
Numero di Oro 314.
Nuova-Caledonia 59.
Nuova-Galles 59.
Nuova-Guinea (Scoperta della) 59.
Nuova-Olanda 59, 633.
Nuova-Zelanda 59 — Suoi vulcani 554.

Nuove-Ebridi 59.
Nuovo Shetlnnd 60.
Nutazione 126.
Nuvole 358 V. *Nubi*.
Nuytz (Viaggi di) 59.
Nyansa (Lago) 61, 672.

Oasi 623.
Obi 678.
Obliquità de' raggi solari 229.
Oceania 633.
Oceano V. *Mare*.
Oceann aereo V. *Atmosfera*.
Oder 670.
Oderico da Pordenone 48.
Ofidii 754.
Ofir (Terra di) 32.
Omboni 703, 767.
Ombrometro 304.
Omero (Suo concetto sulla forma della Terra) 72.
Onda di maremoto e di terremoto 541 V. *Terremoto*.
Ondatra 747.
Onde barometriche 324.
Onde del mare 181.
Ondulazione (Teoria della) 467, 497.
Onega V. *Laghi*.
Opala 715.
Opistognati 809.
Orange (Fiume) 671.
Orang-Utang 745, 848.
Orenoco 682.
Organizzati (Origine degli Esseri) 153.
Orizaba (Vulcano) 556.
Ornitorinco 754.
Oro 710.
Oro (Numero di) 314.
Orografia 606.
Orso 747.
Orso delle caverne 792.
Ortes 156.
Ortocefali 804.
Ortognati 807.
Orzo 734.
Oscillazioni barometriche V. *Barometro* — *Pression*.
Osono 417.
Osservatorii magnetici 141.
Ossidi 700.
Ossigeno 222, 700 V. *Atmosfera*.
Ottica V. *Luce*.
Ottone (Sant') 44.
Owen 154.
Ozorno (Vulcano) 556.

Pachidermi 749.
Pacifico (Oceano) V. *Mare*.
Palafitte dell' uomo antico 785.
Paleoetnologia 751.
Paleolitiche (Età) 785.
Paleoteria 139.
Paleozoiche (Rocce) 702.
Palestrina 694.
Pali dei villaggi lacustri 786.
Palissy 659.
Palma 735.
Pallas 60.
Paludi 689.
Paludi Pontine 604.
Pampas 64, 628.
Pamperos 298.
Panama (Istmo di) 634, 556.
Panama (Livello degli Oceani presso l' Istmo di) 169.
Panda 748.
Panteismo 846.
Papuasia 555.
Para 680.
Paraderns di Patagonia 791.
Paradossuri 748.
Paradoxides Ariani 135.
Parana 680.
Paranahiba 680.
Paraseleni 489.
Parasitiche (Piante) 733.
Parelii 489.
Parestrello (Navigatore) 50.
Parigi (Bacino di) tre volte sommerso dal mare 163.
Parima (Monti di) 628.
Parnisotti 518.
Paropamiso 643.
Parry 60, 501.

Pascal 224, 654.
Passe dei Fiumi 667.
Patagonia 628.
Patata 728, 735.
Pecari 750.
Pechstein 568.
Peiresc 55.
Pettier 432.
Pendolo (Esperienze di Foucault sul) 407.
Pendolo (Osservazioni sul) 82.
Peney 675.
Penisole — Legge generale della loro direzione 575.
Perando 796.
Perlello 118.
Periodi geologici 130, 403.
Periodici (Venti) V. *Venti* e *Monsoni*.
Periodicità delle pioggie stellari 517.
Periodicità delle Rivoluzioni del mare e dei Diluvi 584.
Permico (Periodo) 435.
Peronœus longus 824.
Perrey 539.
Perturbazioni atmosferiche V. *Barometro* — *Cicloni* — *Pressioni* — *Tempeste* — *Uragani*.
Perturbazioni magnetiche 456.
Perù 627 — Sua Conquista 52.
Peso assoluto e relativo dei corpi 84.
Petrolio 550.
Pfahlbauten 784.
Phleomys 747.
Pianeti maggiori e minori 67.
Pianeti (Origine dei) 130.
Piantagioni per frenare le Dune 602.
Piante (Geografia delle) 717 — Loro classificazioni 721 — Piante associate 721 — Vegetazione tropicale 722 — Piante circoscritte ad una patria 722 — Influenza della latitudine sulla vegetazione 723 — Influenza delle correnti aeree e marine 724 — Influenza delle temperature medie ed estreme 724 — Influenza della luce 724 — Influenza della igrometria 725 — Influenza delle qualità fisico-chimiche del suolo 725 — Influenza dell' altitudine — Stazioni vegetali 756 — Mezzi di trasporto 726 — Piante acotiledoni, monocotiledoni, dicotiledoni 727 — Leggi della loro distribuzione 728 — Giganti vegetali 729 — Regioni botaniche 730 — Piante coltivate 734.
Piante (sonno delle) 470.
Picard 57, 77.
Pichincha (Vulcano) 556.
Piddington 434.
Piede dell' uomo 824.
Pietra (Età della) 785.
Pietre V. *Rocce*.
Pietre preziose 745.
Pigmei 31.
Pigorini 774, 781, 792.
Pigri 749.
Pilgram 309.
Pioggia 364 — Strumenti per misurarla 363 — Distribuzione geografica delle pioggie 364 — Distribuzione delle pioggie per stagione 365 — Pioggie in Genova 367 — Pioggie periodiche 371 — Pioggie nelle regioni temperate 372 — Regioni delle pioggie estive e delle invernali 373 — I Deserti 374 — Influenza dei Monsoni 375 — Pioggie elettro-positive ed elettro-negative 406.
Pioggie di pietre e di fuoco 529 V. *Stelle Cadenti*.
Piombo 710.
Pioventi e spartipioventi 668.
Pipistrelli 746.
Pirenei 608, 642.
Pirgocefali 810.
Pitagora 38.
Pitea 34.
Pizarro (Francesco) 52.
Plana 80
Plata (Rio della) 679.
Platanisti 750.
Platino 710.
Plesiosauro macrocefalo 138.
Plinio 40.
Pliocene 139.
Pluviometro 363.
Po (Fernando) 50.
Po (Fiume) 149, 669.
Poitevin 309.
Polare (Stella) 125.
Polari (Terre) 639.

Polcevera 378.
Poli magnetici 456.
Poli (Schiacciamento ai) 83.
Poligastrici siliciosi 740.
Polimorfismo 755.
Polinesia 633.
Polipaie oceaniche 636.
Polle d'acqua dolce 653.
Polmone umano (Sviluppo del) 811.
Polo (Maffio, Nicolò e Marco) 49.
Pomo 735.
Pompei 569.
Poncet 675.
Popocatepetl 556.
Porcini 750.
Porcospino 747.
Porfido 136.
Pororoca 659.
Portoghese (lingua) 824.
Portoghesi (Scoperte dei) 50.
Posidonio 40, 75.
Postpliocenici (Terreni) 794.
Potassio 700.
Poulett-Scrope 539.
Pozzi Artesiani 561.
Precessione degli Equinozi 122, 582.
Preistoriche (Età) 785.
Presagi meteorologici V. *Previsione del Tempo.*
Pressioni barometriche 319 — Onde atmosferiche 324 — Leggi di Kaemtz 321 — Medie 322 — Variazioni mensili 324 — Variazioni diurne 328 — Influenze igieniche delle pressioni 332 — Oscillazioni accidentali del barometro 336 V. *Atmosfera — Barometro — Cicloni — Tempeste.*
Pretegianni 47.
Previsione a breve scadenza 315.
Previsione del Tempo 27, 303 — Strumenti adoperati 304 — Importanza del barometro 305 — Esagerate idee sulla possibilità di presagire il tempo 307 — Presagi celebri 309 — Influenza della Luna 309 — Influenza delle pietre meteoriche 313.
Prichard 780.
Primati (Ordine dei) 778, 813.
Primavera V. *Stagioni.*
Proboscidati 749.
Profondità dei mari 465.
Prognati 807.
Proporzioni definite (combinabilità degli elementi chimici in) 698.
Proteo 459.
Psicometro 351.
Pterodittici 745.
Pungiab 620.
Punto (determinazione del) in mare 493.
Puszta 648.
Puzzola 748.

Quadrumani 821.
Quaternaria (Epoca geologica) 140.
Quetelet 296, 352, 356, 362, 406, 418, 421, 427, 468.
Quichuas 811.
Quorra (Fiume) 674.

Radiazioni (Teoria delle) 497.
Rame 710.
Rampicanti 734.
Ratel 748.
Raton 747.
Ratti 747.
Razionalismo 816.
Razze, Specie e Varietà 755.
Razze umane V. *Antropologia.*
Razze umane preistoriche 792.
Reclus 662.
Regioni botaniche 730.
Regnoli 784.
Reichenbach 116.
Rendu 820.
Renier (Vulcano) 535.
Renne 750.
Reno 669.
Renou 314.
Respighi 518, 562.
Restituzione (Periodi di) 312 V. *Diluvi periodici.*
Rezia (lingua) 824.
Rhus Toxidodendrum 470.
Riazioni delle Forze interne del Globo 533, 592.

Riccio 746.
Riccioli 474.
Richer (Sue osservazioni sul pendolo) 82.
Ricongelamento delle nevi 396, 400.
Riflessione del suono 505 V. *Suono — Eco.*
Riflessione della luce V. *Arcobaleno — Luce e Miraggio.*
Riflusso V. *Mare.*
Rifrazione della Luce V. *Arcobaleno — Luce.*
Rikum (Sorgenti del) 550.
Rinoceronti 749.
Rinoceros tichorinus e R. hemitoecus 792.
Rio de Para 680.
Rio della Plata 679.
Rio delle Amazzoni 681.
Rio Grande ecc. 683.
Risi 834.
Riso 734.
Riunione (Isola) 557.
Rive (De La) 444.
Rivo 668
Rivoluzione annua della Terra 109.
Rivoluzione francese 90.
Rivoluzioni del Globo (Teoria geologica delle) 129.
Robenhausen (Antichità di) 789.
Rocce stratificate, non stratificate, lamellari, compatte, sedimentarie, eruttive, metamorfiche ecc. 701 — Azoiche e Fossilifere 702 — Età delle Rocce 703.
Rocce striate dai ghiacciai 402.
Rocciose (Montagne) 632.
Rodano 149, 665.
Roma (Conquiste di — Utili alla Geografia) 37.
Romanin (Capo) 644.
Romas 405.
Rosicanti 746.
Ross 60, 175.
Rossette 716.
Rosso (Mare) Suo livello 169.
Rotazione dei Cicloni 337.
Rotazione diretta ed inversa delle Correnti di Dove 348.
Rotazione diurna della Terra 104, 212.
Rotazione terrestre — Sua influenza sul corso dei fiumi 662.
Rothman 604.
Rotondità della Terra 70.
Rowlinson 676.
Rubino 715.
Rubruquis 47.
Rugiada 364.
Ruminanti 750.
Ruppel 61.
Russia 618.
Rütimeyer 789.
Ruysbroeck 47.

Saavedra (Viaggi di) 59.
Sabioe 441, 454.
Saccomidi 747.
Sagalleno 678.
Sahara 624.
Sahara (Influenza climatologica del) 289 V. *Calore.*
Sainte-Claire-Deville 560.
Saint-Helens (Vulcano) 556.
Salo 713.
Saline del Paraguai 689.
Salomon (Isole) 59, 554.
Salsedine dei mare 171.
Samo (Scuole di) 38.
Sandwich (Clima della Terra di) 235.
Sandwich (Isole) 60, 577.
San Francisco (Fiume) 684.
Sangai (Vulcano) 556.
Sao-Gottardo 610.
San Lorenzo (Fiume) 684.
San-Salvador (Vulcano) 556.
Sanscrito (Idioma) 824.
Sanson 750.
Sant' Elia (Monte) 555.
Sant' Elmo (Fuoco di) 419.
Santorino 558.
Sapeto 284, 833.
Sargasso (Mari di) 202.
Sarighe 751.
Sarn e Pirano 666
Sataspe 33.
Saturno (Anelli di) 131.
Sauri 136.
Saussure 397, 491.
Savane 632.

Savona (Scoperte archeolitiche a) 795.
Sbarra (Scogliere a) 637.
Sboscamento (Influenza dello) 380.
Scaiopi 746.
Scandagli del mare 165.
Scandaglio di Brooke 166.
Scandinavi primitivi 786.
Scandinavia (Monti di) 616
Scandinavia (Sollevamento della) 145.
Scariche elettriche V. *Elettricità Atmosferica.*
Scarpellini (Signora) 548.
Shaaffhausen 793.
Schaw 61.
Schiacciamento polare 94.
Schiapareili 64, 542, 548, 522.
Schisto 745.
Schlagintweit 60.
Schmerling 792.
Schmidt 562.
Schoenbein 418.
Schoutten 59.
Schouw 734.
Schubler 310.
Sciacallo 748.
Sciara dei Vulcani 567.
Scienza odierna — Sue tendenze, suo spirito 773.
Sciliace 34.
Scimmie 818 — Loro distribuzione geografica 745.
Scimpanzé 745, 818.
Scintillazione delle stelle 473.
Scivolamento (Teoria dello) V. *Ghiacciai.*
Scoiattolo 747.
Scoscendimenti 597.
Scoresby 492.
Scosse orizzontali, sussultorie, circolari del suolo 535 V. *Terremoto.*
Scrope 539.
Scuri di Silice 788.
Sdentati 749.
Secchi (Padre) 64, 352, 437, 518, 531, 562.
Secondaria (Epoca geologica) 137.
Sedimento (Terreni di) 701.
Seeman 387.
Segala 734.
Segni del Tempo V. *Previsione del Tempo.*
Segni del Zodiaco 111, 119.
Selection 153, 754.
Selvaggi 811.
Selvaggi antichi o moderni 785.
Selve (Influenza climatica delle) 380.
Semaforici (Servizi) 348.
Semnopitechi 745.
Senebier 469.
Senna 659.
Serapeum 625.
Serenità del cielo 467.
Serpente a sonagli 741.
Serpenti 751,
Serpieri 518.
Servizi meteorologici 348.
Sfericità della Terra 60.
Sferoidale (Stato) dell' Acqua in certi fenomeni vulcanici 567.
Sferoide di rivoluzione 78.
Sferoidità della Terra 78 — Sua influenza sulle correnti marine ed aeree) 187, 270, 347.
Shah-Namch 832.
Shetland meridionali 556.
Shortland 59.
Siberia (Clima della) 235.
Sierras in Spagna 608.
Sifodonte 139.
Sifone (Teoria del) nelle sorgenti e fontane 653.
Silicio 700.
Silurio (Periodo) 135.
Silvas 61, 629.
Simboli chimici 698.
Simone da S. Quintino 47.
Simoun 299.
Sipnngo di Marco Polo 49.
Sirenidi 750.
Sismometro 536.
Sistema metrico decimale 92.
Sistema solare (Formazione del) 129.
Sistema di Montagne 642 V. *Orografia.*
Sistemi idrografici V. *Fiumi* e *Idrografia.*
Sivaterio 140.
Skaptaa (Vulcani) 564.
Slavonica (lingua) 825.
Smeraldo 745.
Smith 60, 779.

Società (Isole della) 638.
Socotera (Isola) 557.
Sodio 700.
Solcometro 193.
Sole (Grandezza sua, comparata a quella della Terra) 114.
Sole (Moto apparente del) 109.
Sole (Movimenti del) 77.
Sole (Oscuramenti temporanei del) 530.
Sole (Stato primitivo e genetico del) 130.
Sole (Volume del) 67.
Sollevamenti 145.
Sollevamenti e abbassamenti del suolo 600, 604, 665.
Sollevamento (Linea di) nell' Antico Continente 607.
Sollevamento (Linee generali di) 575.
Solstizi 111.
Somerville (Signora) 62, 613, 751.
Sonda (Vulcani dell' Arcipelago della) 554, 558.
Sorgenti dei fiumi 652.
Sorgenti gazose 544.
Sorgenti termali 546 — Loro classificazioni geologica e chimica 547 — Loro temperatura 547 — Elenco di varie fonti termali 548 — I Geysers d' Islanda 549.
Sorge 735.
Sottosuolo congelato 235.
South-Downs 754.
Spagnuola (lingua) 824.
Spallanzani 551.
Sparmann 61.
Spartiacqua 668.
Spartivento (Capo) 611.
Specia umana V. *Antropologia*.
Specie animali V. *Animali*.
Specie (Variabilità delle) 755.
Specie vegetali V. *Piante*.
Specie viventi (Origine e trasformazioni delle) 153.
Speke 61, 672.
Spettro del Brocken 190.
Spettro solare V. *Arcobaleno* — *Luce*.
Spettrometro 515.
Spezierie (Isole delle) 555.
Sphagum Palustre 689.
Spinello 715.
Sprudel (Sorgente delle) 549.
Spurzheim 811.
Stabia 569.
Staffa (Isola di) 506.
Stagioni 111, 584.
Stagno 710.
Stallatiti e Stallagmiti 695.
Statue antiche 809.
Stazioni vegetali e botaniche 726.
Steinberge 786.
Stella polare 125.
Stelle cadenti 506 — Esempi storici antichi 507 — Loro altezza 512 — Loro velocità 512 — Scoppio di un bolide 513 — Stato fisico e chimico degli Areoliti 515 — Osservazioni spettrali sulle stelle cadenti 515 — Grossezza delle masse meteoriche 516 — Difficoltà di raccoglierne 516 — Quantità proporzionale di quelle che cadono sulla Terra 517 — Periodicità delle piogge stellari 517 — Celebri Osservatori delle stelle cadenti 518 — Centri di irradiazione 518 — Pioggia di Novembre 1867, 519 — Ipotesi Atmosferica per ispiegare le piogge meteoriche 520 — Ipotesi Vulcanica 520 Ipotesi Lunare 520 — Ipotesi Planetaria 521 — Ipotesi Cosmica e scoperte del Prof. Schiaparelli 522 — Speculazioni sulle stelle cadenti 528.
Stelle (Distanza delle stelle dalla Terra) 67.
Stelle (Irradiazione calorifera delle) 227.
Stelle (Scintillazione delle) 473.
Stelleria 750.
Steppe 618.
Sterilità degli Animali 755.
Stoppani 784.
Stoviglie (Terra da) 795.
Strabone 35, 40.
Strachan 639.
Stratificazione delle Rocce 701.
Strato 359.
Strezlechi 64.
Striamento delle rocce 402.
Ströbel 784, 792.
Strock (Sorgenta dello) 550.
Stromboli 552.
Struggle for life 156.

Stuart 61.
Sturm 504.
Sub-Orsini 747.
Suez (Istmo di) 169, 621.
Sumatra (Vulcani di) 555.
Sumbava (Isola di) 596.
Suono 498 — Sua forza e intensità in vari ambienti 499 — Di giorno e di notte 501 — Influenza che vi esercita il freddo 501 — Velocità del suono 502 — Influenza del vento sul suoni 502 — La velocità del suono, come mezzo per misurare le distanze e le profondità 504 — Riflessione del Suono 505 — Eco 505.
Surieati 748.
Surville 59.
Swamps 689.

Tago 669.
Taipa 746.
Tamerlano 46.
Tanganijka (Lago) 672.
Tangec 746.
Tapiro 749.
Tarscisii (Terra di) 32.
Tarso 824.
Tartari 649 — Loro conquiste, utili alla Geografia 46.
Tartaria 645.
Tasman (Abele) 59.
Tasmania 634.
Tasso 748.
Tauro (Catena del 642.
Tavola (Monte della) 622.
Tavole di ghiacciaio 404.
Tegornosjom 648.
Tectocefali 840.
Tehuantepec (Istmo di) 631.
Telegrafo (Suoi servizi in Meteorologia) 348.
Teliurio 710.
Temperatura V. *Calore.*
Temperatura dei mari 175.
Temperatura delle sorgenti V. *Sorgenti* e *Sorgenti termali.*
Temperatura di Genova 260.
Temperatura interna del Globo 133.
Temperatura (Sua influenza sui venti) 268.
Temperature (Influenza dei venti sulle) 295.
Temperature medie dei principali luoghi della Terra 253.
Tempeste 296 V. *Cicloni* — *Uragani* — *Venti.*
Tempeste magnetiche 456.
Tempo (Previsione del) 303.
Tempo sidereo e solare 120.
Temporali V. *Elettricità atmosferica.*
Temporali folgoranti (Loro distribuzione geografica e cronologica) 424.
Teneriffa (Picco di) 552.
Tensione del vapore nell' Atmosfera 352 V. *Igrometria.*
Tensione elettrica V. *Elettricità* e *Nubi.*
Teologia e scienza 814.
Tepe 791.
Termali (Sorgenti) 546.
Termometro 304, 593 — Adoperato per riconoscere le correnti 195 V. *Calore.*
Terra — Suo posto nell' Universo 66 — Sue dimensioni 68 — Idee degli Antichi sulla sua forma 68 — Quattro diversi sistemi successivamente ideati sulla sua forma 69 — Misurata da Eratostene 73 — Da Posidonio 75 — Dagli Arabi 76 — Da Fernel 76 — Da Snellio 77 — Da Cassini, Musschenbroeck ecc. 77 — Da Picard 77 — Idee di Huygens 78 — Di Newton 79 — Sua Sferoidità 79 — Osservazioni sul pendolo 82 — Obbiezioni di Frisi 87 — Misura del quarto di meridiano 92 — Dimensioni della Terra 94 — Schiacciamento polare 94 — Irregolarità della forma della Terra 95 — Valori dei gradi di latitudine e di longitudine 97 — Superficie e volume della Terra 100 — Isolamento della Terra nello spazio 103 — Prove della rotazione diurna della Terra 104 — Esperienze di Foucault sul pendolo 107 — Rivoluzione annua della Terra 109 — Le stagioni sulla Terra 118 — Giorno sidereo e giorno solare 120

Digitized by Google

— Inclinazione del piano dell' equatore sul piano dell' eclittica 122 — Processione degli Equinozi 123 — Nutazione 126 — Complesso dei movimenti della Terra 126 — Formazione e primeità della Terra 128 — Teoria delle Rivoluzioni del Globo 130 — Formazione e spessore della crosta terrestre 132 — Temperatura interna del globo 133 — Convulsioni primitive 133 — Epoca di Transizione 134 — Periodo Silurio 135 — Periodo Devonico 135 — Periodo Carbonifero 136 — Periodo Permico 136 — Epoca Secondaria 137 — Periodo Triasico 137 — Periodo Giurese 137 — Periodo cretaceo 138 — Epoca Terziaria 138 — Eocene 139 — Miocene 139 — Pliocene 139 — Epoca Quaternaria 140 — Periodo Diluviale 140 — Periodo Glaciale 140 — Principii della Teoria di E. de Beaumont 141 — Teoria delle Cause Attuali 143 — Lenti sollevamenti ed abbassamenti del suolo 145 Azione delle acque 149 — Azione dei vulcani 153 — Origine del mondo organico 153 — Partizione delle terre e dei mari 177 — Calore proprio della Terra 225 — Irregolarità nelle forme della superficie terrestre 578.
Terre (Influenza delle) sui climi 235.
Terremare 794.
Terremoto 534 — Effetti sull' uomo e sugli animali 535 — Varietà delle scosse 536 — Interferenze delle vibrazioni 536 — Vastità della sfera di azione dei terremoti 536 — Terremoto di Lisbona 536 — Durata delle scosse 537 — Segni precursori del terremoto 538 — Correlazione con lo stato dell' Atmosfera 539 — Ripartizione dei terremoti per stagioni 539 — Loro riparto orario 540 — Influenza delle fasi lunari 541 — Influenza dei terreni 542 — Maremoto 541 — Terremoto delle Calabrie 542 — Idee popolari sui terremoti 543 — Loro influenza modificatrice della superficie terrestre 543 — Loro numero in vari secoli 599.
Terreni V. *Rocce*.
Terror (Monte) 60, 556.
Terziaria (Epoca geologica) 140.
Tessaglia (Montagne della) 611.
Teyda (Picco) di 557.
Thalweg 668.
Thiele (Anticlinità di) 789.
Thorwaldo 45.
Thule (Ultima) 34, 39.
Tibeto 645.
Tifoni 298.
Tigre 748.
Tigri 676.
Timboctù 674.
Timboro (Vulcano) 569.
Timur-Lenk 46
Tinière (Calcoli archeologici sulle deiezioni della) 800.
Tinne (Signore) 675.
Tipi organici (Limiti della permanenza dei) 758.
Titanio 710.
Titikaca (Lago) V. *Laghi*.
Toaldo 313.
Tolima (Vulcano) 556.
Tolomeo 40, 55.
Tolomeo Evergete 34.
Tongariro (Vulcano) 554.
Torbiere 648.
Tormente 391.
Tornados 297.
Torrente 668.
Torricelli 221.
Trachite 566.
Transizione (Epoca geologica di) 134.
Trapiantamento 722.
Trasparenza delle acque marine 173.
Travertino 708.
Triasico (Periodo) 137.
Trichechi 748.
Tricodi frangiati 741.
Trombe di Polvere 433.
Trombe di vento 430.
Trombe elettriche 431.
Trovanti 389.
Troyon 787, 792 802.
Tucutuco 759.
Tuentuco 753.
Tungsteno 710.

Tupaia 746.
Turaniani 834.
Turchese 715.
Turfan (Vulcano) 559.
Tuxtla (Vulcano) 556
Tyndall 173, 383, 399, 437.

Uaddi 623.
Udjidji (Lago) 672.
Udometro 363.
Ulloa (Circolo di) 485.
Ulug-Beg 43.
Umano (Regno) 775
Umidità dell'aria 350 V. *Igrometria*.
Ungheria 618.
Unità delle Forze Fisiche 436.
Uomo (Agente modificatore geografico) 379, 604.
Uomo (Influenza delle meteore sull') V. *Clima*.
Uomo preistorico V. *Antropologia*.
Uragani 295 e seguenti.
Urali 616.
Uranio 710.
Uranoliti 507 — Loro varietà 531 — V. *Stelle Cadenti*.
Ursoni 747.
Urus 790.
Urville (D') 60.
Usodimare 48.
Utah (Lago) V. *Mare*.

Valanghe e loro varie specie 391.
Valaca (Lingua) 824.
Vambery 60.
Vancouver 60.
Vang-Gangh 64.
Vanikoro 638.
Vapore di acqua 351 V. *Igrometria*.
Varchi montani V. *Orografia* 642.
Varietà, razze, specie 755.
Vaz (Tristano) 50.
Veda Indiani 463.
Vegetale (Regno) 454.
Vegetazione 720.
Vegetazione (Come modificata dall'altitudine 249.
Vegetazione (Influenza della Neve sulla) 384.
Vegetazione — Sua influenza sui climi 602.
Velocità del suono 501.
Velocità della rotazione terrestre, varia con le latitudini 108.
Velocità di rotazione della Terra 270 V. *Terra*.
Vene metalliche 710.
Venezuela 630.
Venti Alisei 272.
Venti Etesii 287.
Venti (Influenze dei) 291.
Venti (Loro influenza sulle correnti marine) 191.
Venti Monsoni 283.
Venti regolari 266.
Venti (Teoria dei) 279.
Vento (Azione del) sul suono 502.
Vento (Velocità del) 295.
Vespertillionidi 746.
Vespucci Amerigo 52.
Vesuvio 551.
Via lattea 67.
Vibrazioni del suolo 534 V. *Terremoto*.
Victoria Nyanza 672.
Vigna 734.
Vignes 749.
Villaggi lacustri 783.
Villarica (Vulcano) 556.
Vinci (Leonardo da) 482.
Vindhia (Monti) 644.
Vinland scoperta dai Normanni 45.
Virey 779.
Viscosità dei Ghiacciai V. *Ghiacciai*.
Vistola 664, 670.
Vita (Lotta per la) 456.
Vita nell'Universo 453.
Vita (Universalità della) 718.
Vita vegetale ed animale 739.
Vite (Coltivazione della) 734.
Viti (Isole) 554.
Vivaldi (Viaggiatore) 48.
Viventi (Esseri) 453.
Viverrini 748.
Vogel 64, 675.

Digitized by Google

Vogt 62, 795, 803.
Volga 664, 670.
Volger 539.
Volney 676.
Volpe 748.
Voltaire 163, 816.
Vulcani 552 — Proporzione fra l'altezza e la frequenza delle eruzioni 552 — Vulcani aperti ed attivi 553 — Distribuzione geografica dei Vulcani 553 — Numero dei Vulcani 559 — Origine dei Vulcani 559 — Indipendenza delle Eruzioni 559 — Quattro diversi periodi di ogni eruzione 561 — Vulcani lunari 562 — Formazione dei coni vulcanici secondo la Scuola delle Rivoluzioni, e secondo la Scuola delle Cause Attuali 563 — Quantità delle lave eruttate 564 — Qualità delle materie eruttate 566 — Temperatura delle lave 567 — Elettricità svolta durante le eruzioni 569 — Inondazioni prodotte dai vulcani 569 — Vulcani di Fango 570 — Vulcani marini 571 — Connessione tra i fenomeni vulcanici e gli atmosferici 574.
Vulcanicità 533.
Vulcanicità (Azione modificatrice della) 153.

Wahad 44.
Wali 405.
Wangen (Villaggio lacustre di) 787.
Wauwil (Villaggio lacustre di) 789.
Weis 518.
Weleker 803.
Wellingtonia gigantea 730.
Welah 248.
Whakari (Vulcano di) 554.
Wilfrido 44.
Wilkes 60.
Wills 61.
Wilson V. *Stelle cadenti.*
Witt 59.
Wrangel (Terra di) 644.
Wright 449.

Yablonoi 645.
Yenissey 678.
Young 474.

Zach (De) 444, 502.
Zaffiro 715.
Zaira (Fiume) 674.
Zambese (Fiume) 671.
Zantedeschi 344.
Zarco (Gonzales) 50.
Zebra 749.
Zelanda (Nuova) Vulcani della 554.
Zend-Avesta 554.
Zenda (Lingua) 824.
Zeno 49.
Zibetti 748.
Zifidi 751.
Zimmermann 779.
Zinco 710.
Zirkniss (Grotte di) 159.
Zodiaco 144.
Zoifo 713.
Zone (Variazione della temperatura nelle varie) V. *Calore.*
Zoologica (Geografia) 737.
Zoospore 738.
Zorilla 748.
Zoroastro 554.
Zungaria 645.

Digitized by Google

INDICE DELLE FIGURE

Fig.	1.	Misura della Terra fatta da Eratostene.	*Pag.* 74
»	2.	Forza centrifuga	» 79
»	3.	Ipotesi della sfericità perfetta della Terra	» 81
»	4.	Ipotesi della sferoidità	» 81
	5.	Forza di gravità all'equatore ed ai poli	» 85
»	6.	Impossibilità meccanica del reale moto diurno delle Stelle	» 106
»	7.	Dimostrazione sperimentale della rotazione terrestre	» 107
»	8.	Ecliittica	» 111
»	9.	Grandezze comparative del Sole e della Terra	» 114
»	10.	Stagioni	» 119
»	11.	Dimostrazione della precessione ecc.	» 124
»	12.	Scandaglio di Brooke	» 167
»	13.	Fondo del Mediterraneo	» 168
»	14.	Influenza della temperatura sulle correnti equatoriali e polari	» 187
»	15.	Influenza della forma e della rotazione della Terra sulle Correnti	» 188
»	16.	Influenza della salsedine e della densità sulle Correnti	» 190
»	17.	Influenza dei venti sulle Correnti.	» 192
»	18.	Obliquità dei raggi solari	» 229
»	19-20.	Variazioni mensili della temperatura media nella parte boreale della zona torrida	» 240
»	21.	Variazioni mensili della temperatura media in quattro punti della zona intertropicale.	» 241
»	22.	Variazioni mensili della temperatura media nella zona glaciale	» 242
»	23.	Variazioni mensili della temperatura media a differenti distanze dal mare	» 243

Digitized by Google

Fig. 24. Variazioni mensili della temperatura media a latitudini differenti . . . . . *Pag.* 244
» 25. Variazioni orarie della temperatura media in differenti punti d' Europa e nelle due stagioni estreme . . . . » 246
» 26. Influenza del calore solare sulle correnti aeree . . . » 270
» 27. Uragano nelle Antille . . . . . » 304
» 28. Variazioni medie del Barometro sulla superficie dell'Atlantico . . . . . » 322
» 29. Variazioni mensili del Barometro nelle regioni calde . . » 324
» 30. Variazioni mensili del Barometro nelle regioni temperate e fredde . . . . . » 325
» 31. Variazioni mensili della pressione rapportata alla sola aria anidra . . . . . » 326
» 32. Variazioni orarie del Barometro nei paesi caldi . . . » 329
» 33. Variazioni orarie del Barometro nei paesi temperati paragonate a quelle dei caldi . . . . . » 329
» 34. Variazioni orarie del Barometro a diverse altitudini . . » 330
» 35. Rotazione dei Cicloni nei due Emisferi . . . . . » 337
» 36. Origine di un Ciclone . . . . . » 340
» 37. Movimenti di un Ciclone . . . . . » 342
» 38. Medie variazioni diurne della tensione del vapore a Aila . » 352
» 39. Variazioni diurne della tensione del vapore a differenti altitudini . . . . . » 353
» 40. Andamento comparato del Termometro e dell' Igrometro in luglio. . . . . » 355
» 41. Andamento comparato del Termometro e dell' Igrometro in gennaio . . . . . » 355
» 42. Curve delle variazioni dei gradi igrometrici a varie altitudini. . . . . » 356
» 43. Variazioni annue della umidità a Aila . . . . . » 357
» 44. Cirrus . . . . . » 359
» 45. Stratus. . . . . » 359
» 46. Nimbus . . . . . » 360
» 47. Cumulus . . . . . » 360
» 48. Udometri . . . . . » 363
» 49. *Regioni delle Pioggie estive e delle invernali.* — D' estate ad Anjarakandy . . . . . » 373
» 50. D' estate a Calcutta . . . . . » 373
» 51. Invernali a Madera . . . . . » 373
» 52. Invernali a Mafra. . . . . » 373
» 53. Invernali a Lisbona . . . . . » 373
» 54. *Pioggie delle Regioni temperate di Europa.* — Zona Appeninica . . . . . » 374
» 55. Bacino inferiore del Rodano . . . . . » 374
» 56. Bacino superiore del Rodano . . . . . » 374
» 57. Francia Occidentale . . . . . » 374
» 58. Inghilterra occidentale. . . . . » 374
» 59. Inghilterra Interna . . . . . » 374
» 60. Francia Orientale. . . . . » 374
» 61. Ginevra . . . . . » 374

Fig. 62. Germania . . . . . *Pag.* 374
» 63. Pietroborgo . . . . . » 374
» 64. Medie mensili della Temperatura e delle Altezze di acqua a Calcutta . . . . . » 376
» 65. Medie mensili dell' Altezza di acqua piovana nell' Isola Borbone . . . . . » 376
» 66. Medie mensili delle Temperature e delle Altezze di acqua piovana ad Anjarakandy . . . . . » 377
» 67. Cristalli di Neve . . . . . » 383
» 68. Ghiacciaio . . . . . » 386
» 69. Catastrofe Alpina. . . . . » 393
» 70. Condizioni elettriche di una Nube procelloso . . . . » 408
» 71. Stato elettrico di una Nube e dell' aria ambiente. . . . » 409
» 72. Variazioni diurne della Elettricità atmosferica, in estate ed in Inverno . . . . . » 410
» 73. Variazioni medie mensili della Elettricità atmosferica . . » 411
» 74. Condizione elettrica dell' atmosfera . . . . . » 412
» 75. Azione elettrica delle vette montane sulle nubi . . . . » 416
» 76. Diverse forme di lampi semplici. . . . . » 420
» 77. Lampi arborescenti . . . . . » 421
» 78. Lampi radiati . . . . . » 423
» 79. Il Fulmine . . . . . » 424
» 80. Temporali fulguranti di estate e d' inverno. . . . . » 428
» 81. Tromba d' aria . . . . . » 430
» 82. Tromba elettrica in terra . . . . . » 432
» 83. Tromba elettrica in mare . . . . . » 433
» 84. Bussola di declinazione . . . . . » 439
» 85. Bussola di inclinazione. . . . . » 447
» 86. Aurora Boreale . . . . . » 458
» 87. Aurora Boreale . . . . . » 459
» 88. Aurora Boreale . . . . . » 461
» 89. Corona Boreale . . . . . » 462
» 90. Arcobaleno . . . . . » 476
» 91. Formazione dell' arco primario dell' Iride . . . . . » 479
» 92. Segue formazione dell' arco primario dell' Iride . . . . » 480
» 93. Segue formazione dell' arco primario dell' Iride . . . . » 481
» 94. File verticali di gocce. . . . . » 482
» 95. Formazione dell' arco secondario dell' Iride . . . . . » 483
» 96. Circolo di Ulloa . . . . . » 485
» 97. Aloni e Circoli parelici . . . . . » 489
» 98. Spettro del Brocken . . . . . » 494
» 99. Un miraggio in mare . . . . . » 495
» 100. Fata morgana . . . . . » 497
» 101. Pioggia di stelle cadenti in mare. . . . . » 510
» 102. Bolide e sua striscia luminosa . . . . . » 511
» 103. Scoppio di un Bolide . . . . . » 513
» 104. Fuoco Fatuo . . . . . » 545
» 105. Eruzione e svolgimento di elettricità vulcanica . . . . » 570
» 106. Azione corrosiva del mare sugli scogli litorani . . . . » 597
» 107. Età delle Montagne . . . . . » 705

Fig. 108. *Ossa umane raccolte nella terra di Stoviglie in Savona.*
— *a*) Frammento di perone destro. . . . . *Pag.* 799
— *b*) Pezzo di parietale destro, veduto dalle parte interna . . . . . » 799
— *c*) Frammento di mascellare superiore sinistro con un piccolo molare in posto ed apofisi coronoide . . . . . » 799
— *d*) Porzione di mascellare destro coll' ultimo grosso molare in posto . . . . . » 799
— *e*) Parte inferiore di omero sinistro . . . . » 799

INDICE DELLE TAVOLE

Ritratto dell' Autore.

Tav. I. Sezione ideale della Crosta della Terra. Successione dei terreni eruttivi e sedimentari. Formazione delle Catene di Montagne, dei coni vulcanici ecc. secondo la teoria delle Rivoluzioni del Globo . . . . . *Pag.* 141
» II. Correnti marine . . . . . » 198
» III. Linee Isotermiche . . . . . » 233
» IV. Linee Isoteriche . . . . . » 238
» V. Linee Isochimeniche . . . . . » 240
» VI. Venti regolari . . . . . » 272
» VII. Venti Alisei dell' Atlantico . . . . . » 275
» VIII. Uragano di Agosto 1848 . . . . . » 337
» IX. Distribuzione delle pioggie sui Continenti . . . . . » 374
» X. Paralleli e Meridiani Magnetici . . . . . » 442
» XI. I Vulcani . . . . . » 558
» XII. Emisfero Oceanico — Emisfero Continentale . . . . » 574
» XIII. Altezze comparate delle Principali Montagne del Globo . » 642
» XIV. Lunghezza dei Principali Fiumi del Globo . . . . . » 685
» XV. Carta dell' influenza dei Climi sulla Vegetazione. . . . » 736

INDICE ANALITICO

AL LETTORE. . . . . *Pag.* 7

LEZIONE I. Introduzione.

SOMMARIO. — Nobiltà ed importanza della Fisica del Globo. — Suo oggetto. — Necessità di farla entrare nella comune coltura. — Necessità speciale dello studio della Geografia Fisica e della Meteorologia per i Naviganti. — Oggetti di queste due scienze comprese nella Fisica del Globo. — Loro divisioni. — Le abbreviazioni che le loro scoperte hanno introdotto nelle grandi linee di navigazione. — Sul metodo d'insegnare queste scienze. — Aridità e sconnessione che rivestivano un tempo gli studi geografici. — Loro ampiezza e vastità moderne. — Esagerate speranze desunte da taluni dai progressi della Meteorologia. — Positive scoperte fatte nel campo della Fisica del Globo. — I mezzi di osservazione e di esperimentazione. — Esuberante ricchezza di dati. — Necessità di un filosofico coordinamento. Scopo del Corso. 17

LEZIONE II. Svolgimento storico delle scienze Geografiche.

SOMMARIO. — Importanza dello studio dello svolgimento storico in tutte le scienze, e specialmente nella scienza della terra. — La geografia Mitologica. — Il Commercio e la Guerra, grandi fattori delle geografiche scoperte. — I Fenici. — La Terra di Tarsisc. — La terra di Ofir. — La tentata Circumnavigazione dell'Africa: viaggi dei nocchieri di Necaone; di Sataspe; di Annone; di Eudosso; di Pitea; degli Scilaci. — Angusti limiti delle cognizioni geografiche degli Antichi. — La spedizione di Alessandro, e le conquiste Romane,

Digitized by Google

considerate come elementi di progresso nella storia della Geografia. — Le teorie geografiche di Pitagora e delle Scuole di Samo e di Mileto. — Sistemi di Eratostene e di Ipparco. — Altri Geografi dell'antichità, fino a Tolomeo . . . . . *Pag.* 30

LEZIONE III. Svolgimento storico delle scienze Geografiche (*Segue*).

SOMMARIO. — Segue il Quadro Storico dei progressi della Geografia e della Meteorologia. — Medio evo. — Arabi. — Crociate. — Mongoli. — Missionari e viaggiatori terrestri: Ascellino, Simone da S. Quintino, Giovanni De Plano Carpini, Van Ruysbroeck ecc. — Il Pretegianoi. — Oderico, Balducci, Clavijo, Covilhan, Mandeville ecc. — I Polo. — I grandi navigatori italiani: Vivaldi, Doria, Usodimare, Cadamosto. — La Bussola. — I Portoghesi: Zarco, Vaz, Gillanez, Aveiro, Po, Behaim, Diaz, Gama. — Il Capo di Buona Speranza. — Colombo e la Scoperta dell'America. — Magalhaens, Del Cano e la prima circumnavigazione del globo 42

LEZIONE IV. Svolgimento storico delle scienze Geografiche (*Segue*).

SOMMARIO. — La moderna Geografia astronomica. — Demolizione della autorità di Tolomeo. — Peiresc. — Galileo. — Cassini. — Picard. — De la Hire. — Maupertuis. — La Condamine. — I Cronometri e le longitudini. — Scoperte nello spazio pelagico. — La Nuova Olanda. — Gli Arcipelaghi Oceanici. — Il Passo del Nord-Ovest. — Le scoperte australi. — Le scoperte continentali in Asia, in Africa, in America, in Oceania. — L'Etnografia. — La Geografia fisica. — Le scienze naturali. — La Meteorologia. — Il poeta Lucrezio. — Galileo e Bacone. — Lavoisier. — Maury. — Il Congresso di Brusselle. — Conclusione della sintesi storica 54

LEZIONE V. Figura e Dimensioni della Terra.

SOMMARIO. — Sistema dei mondi. — L'Infinito nello Spazio e nel Tempo. — Il sistema Solare. — La Terra. — Si determina, per via di eliminazione, l'oggetto della presente e della successiva lezione. — Quattro periodi nella Storia dei Sistemi sulla figura della Terra. — Prove della rotondità della Terra. — La prima misura di essa tentata da Eratostene, ripetuta da Posidonio e quindi dagli Astronomi Arabi. — Misurazione di Fernel. — Perfezionamenti introdotti da Snellio. — Scoperte di Huygens e di Newton. — Osservazioni di Richer sul pendolo. — Cambiamenti che ne risultano nelle idee sulla forma del pianeta terrestre. — Misure di Picard. — Errore di D'Anville e del Cassini. — La sferoidità della terra, dimostrata. — Obbiezioni di Paolo Frisi. — L'attrazione delle montagne, e la deviazione del filo a piombo. — Risposte di Buffon alle obbiezioni. — Benefica influenza della Rivoluzione Francese 66

LEZIONE VI. Dimensioni e movimenti della Terra.

SOMMARIO. — Lavori dei dotti per la formazione del nuovo sistema metrico. — Misura del quarto di meridiano terrestre. — Valore dei gradi in latitudine ed in longitudine. — Dimensioni ed irregolarità dello sferoide terrestre. — Isolamento della Terra nello Spazio. — Gravitazione universale. — Moto diurno delle stelle. — Esperienze di Foucault sul pendolo. — Rotazione diurna della Terra. — Rivoluzione della Terra intorno al Sole. — L'Eclittica. — Sua obliquità. — Equinozii. — Solstizii. — Segni del Zodiaco. — Le Stagioni. — Precessione degli Equinozi. — Nutazione. — Conclusione delle prenozioni di Geografia Matematica ed Astronomica . . . . . *Pag.* 92

LEZIONE VII. Prime Età e Formazione della Terra.

SOMMARIO. — La Terra chiamata a raccontare la propria istoria. — Due grandi Sistemi Geologici. — Sistema delle Rivoluzioni del globo. — Formazione del sistema planetario, e della Terra in particolare, secondo le idee di Laplace. — Teorie geologiche di Elia di Beaumont. — L'Epoca Primitiva. — L'Epoca di Transizione: periodi Silurio, Devonico, Carbonifero, Permico. — L'Epoca Secondaria: periodi Triasico, Giurese, Cretaceo. — L'Epoca Terziaria: Eocene, Miocene, Pliocene. — I Climi terrestri. — L'Epoca Quaternaria: periodi Diluviale o Glaciale. — Riassunto dei principi fondamentali della teoria delle Rivoluzioni del Globo 128

LEZIONE VIII. La Progressiva formazione del Globo.

SOMMARIO. — Sistema delle Evoluzioni o delle Cause attuali. — Lazzaro Moro. — Lyell e Darwin. — Lenti sollevamenti ed abbassamenti del suolo. — La Scandinavia. — L'America meridionale. — La Cordigliera delle Ande. — Azione modificatrice delle acque. — Il Rodano. — Il Po. — Il Nilo. — Il Mississipì. — Il Gange e il Bramaputra. — La vita animale. — La Vulcanicità. — Si risponde ad una grave obbiezione contro la teoria delle Cause attuali. — L'origine e la trasformazione delle Specie: esposizione del sistema Darwiniano. — Conclusione e rinvio ad altre parti del Corso 143

LEZIONE IX. Il Mare.

SOMMARIO. — Importanza Cosmica del mare, nelle epoche geologiche antiche; — nell'epoca attuale. — Sua profondità: teorie di Buffon, Laplace, Adhèmar ecc. · Scandaglio di Brooke, e fatti accertati. — Composizione e Salsedine del mare; osservazioni comparative. — Colorazione del mare. — Sua Trasparenza. — Fosforescenza del mare. — Osservazione di G. Marsh. — Temperatura del mare. — Legge di Ross; osservazioni di Neumann, Edlung ed altri. — I mari polari e gli *Icebergs*. — Divisione geografica dei mari 162

LEZIONE X. Il Mare (*Segue*).

Sommario. — Tre specie distinte di Movimenti del Mare. — Moto ondoso; sua teoria: Leonardo da Vinci. — Altezza delle onde nei vari mari. — Onde di Tempesta. — Onde di Fondo. — Profendità dei moti ondosi del mare. — Le Correnti Marine. — Lore varie cagieni: Calore Solare. — Evaporazione. — Forma sferoidale della Terra. — Rotazione diurna del Pianeta. — Teoria generale delle Correnti. — Metodi per riconoscere e misurare le Correnti. — La Deriva. — Le Bottiglie. — Il Termometro. — La vita nell'Oceane e sua influenza sulle Correnti marine . . . . . *Pag.* 180

LEZIONE XI. Il Mare (*Segue*).

Sommario. — Descrizione delle Correnti Marine. — Oceane Indiane. — Grande Oceano. — Oceane Atlantico. — Il *Gulf-Stream*. — Suoi effetti sul clima e sulla civiltà dell'Europa occidentale. — *Mari di Sargasse*. — Il Pacifico. — Gulf-Stream del Pacifico. — Cerrente di Humboldt. — Corrente del Capo-Horn. — Correnti Equatoriali. — Correnti del Mediterraneo. — Le Maree. — Lero cause astronomiche. — Teoria della Marea. — Osservazioni speciali sulle Maree. — Importante conseguenza che la moderna filosofia naturale ha dedotto dalla teoria delle Maree: ritardo della rotazione terrestre . . . 197

LEZIONE XII. L'Atmosfera, i Climi ed il Calore.

Sommario. — Condizioni di equilibrio di una Atmosfera qualunque. — Altezza dell'Atmosfera Terrestre. — Sua composizione. — Il Barometro. — La Macchina Pneumatica. — Il Calore. — Calore proprio del Globo. — Calore proveniente dalla irradiazione solare. — Influenza delle più o meno grandi obliquità dei raggi solari. — Influenza della prossimità e della lontananza dei mari. — Sul clima dei luoghi esercitano azione cause remote da questi. — Linee isotermiche; Equatore termico. — Linee Isoteriche. — Linee Isochimeniche. — Differenze fra i due Emisferi. — Zona del sottosuolo congelato. — Climi insulari e climi Continentali. — Linee delle Nevi perpetue. — Linee Isotermiche dell'Italia. — Temperature dei principali luoghi della Terra. — Temperatura di Genova. — Variazioni annuali, mensili e diurne della Temperatura. — La Temperatura nelle alte regioni atmosferiche. — Influenza della temperatura e dei climi sul mondo organico e sulla civiltà 213

LEZIONE XIII. Le Correnti Atmosferiche.

Sommario. — Movimenti accidentali e movimenti regolari dell'Atmosfera. — Maree e Correnti dell'Oceano aereo. — Fenomeni cotidianamente osservabili, e i quali spiegano le leggi della Circolazione aerea. — Dipendenza dell'Anemometria dalla Termometria. — Gli Alisei. — Influenza rispettiva che esercitano sugli Alisei il calore solare, la forma sferoidale della terra, la sua rotazione diurna e le posizioni

rispettive dei continenti a dei mari. — I Contro-Alisei-Superiori. — Leggi di Maury. — Obbiezioni di Bourgois. . . . . *Pag.* 266

LEZIONE XIV. Le Correnti Atmosferiche (*Segue*).

SOMMARIO. — I venti Ippali o Monsoni. — Descrizione a leggi delle loro conversioni. — Gli Etesii. — I tre inverni di Genova. — Dipendenza delle Correnti atmosferiche dalla Termometria. — Variazioni orarie e variazioni accidentali dei venti. — Anemometria speciale della Liguria. — I venti considerati sotto l'aspetto economico ed igienico. — Velocità comparative dei venti. — Le perturbazioni atmosferiche in varie parti della Terra. — Effetti degli Uragani 284

LEZIONE XV. Previsione del Tempo.

SOMMARIO. — La Meteorologia moderna ed i suoi strumenti di osservazione. — Gli apparecchi automatici ed il Meteorografo del P. Secchi. — Importanza speciale del Barometro. — La Previsione del tempo. — I sacerdoti antichi. — Pronostici celebri. — La Luna ed influenze attribuite a questo satellite. — Leggi di Schübler. — Il Numero d'Oro. — L'Anno Magno. — I grandi inverni. — Le stelle cadenti. — La previsione a breve scadenza. — Le correnti e le onde atmosferiche dell'Europa ed i Servizi Semaforici 301

LEZIONE XVI. Pressioni Barometriche e Leggi delle Tempeste.

SOMMARIO. — Importanza della Barometria. — Sue relazioni con la Termometria. — Le onde atmosferiche e leggi di Quetelet. — Leggi di Kaemtz sulle medie pressioni. — Oscillazioni annue e mensili del Barometro. — Oscillazioni orarie. — Loro cagioni. — Esposizione grafica. — Influenza delle pressioni barometriche sul mondo vivente e sulla umana economia. — Le perturbazioni atmosferiche. — Le tempeste a tipo rotatorio. — Teoria a leggi dei Cicloni. — Le Manovre di una nave, per guadagnare il lato domabile di un Ciclone . . 319

LEZIONE XVII. Tempeste d'Europa. — Igrometria. — Idrometeore.

SOMMARIO — Importanza affatto speciale della conoscenza delle Leggi delle Tempeste di Europa. — Leggi di Dove. — Corrente equatoriale e corrente polare. — Rotazione diretta e Rotazione inversa. — Gli attuali servizi Meteorologici. Il Magnetismo terrestre (Rinvio alla Lezione XX.ª). — Via percorsa dalle tempeste d'Europa. — L'Igrometria o le Idrometeore. — Condizione Statica e Condizione Dinamica del Vapore di acqua. — Relazioni fra l'Igrometria e la Termometria. — Le Nubi e loro forme tipiche. — Le Pioggie. — Il Pluviometro e l'Udometro. — Pioggia annua nelle principali parti della Terra. — Distribuzione geografica delle pioggie sulla superficie del Globo. — Regimi pluviali eccezionali 345

Digitized by Google

LEZIONE XVIII. Le Idrometeore ed i Ghiacciai.

Sommario. — La Pioggia (segue). — Influenza dello Sboscamento. — La Neve. — Leggi della sua formazione o distribuzione geografica. — Influenza della neve sulla vegetazione. — La Natura artista e le forme dei fiocchi di neve. — I Ghiacciai. — Loro numero ed estensione delle Alpi, nell' Imalaia, nelle regioni polari ecc. — Teoria della loro graduale formazione. — Ghiaccio fossile. — Movimento dei ghiacciai e sue leggi. — Teorie di De Saussure; — di Charpentier; — di Forbes; — di Tyndall ecc. . . . . *Pag.* 379

LEZIONE XIX. Meteore Elettriche.

Sommario. — L'Elettricità atmosferica. — La sua variazioni diurne. — Variazioni Annuali. — Sua origine. — Altezza delle nubi procellose. — Uffici della folgore nell'economia della Natura. — L'Osono. — L'Elettricità e i contagi e le epidemie. — Il Cholèra Asiatico. — Meteore Elettriche. — Fuoco di S. Elmo. — Varie specie di Lampi. — Fulguriti. — Il Fulmine. — Distribuzione geografica dei Temporali fulguranti. — Questione archeologica. — Grandine. — Due specie di Trombe. — Turbini o Tempeste di Polvere ecc. . . . . » 405

LEZIONE XX. Magnetismo terrestre.

Sommario. — Unità delle Forze Fisiche. — Il Magnetismo. — Magnetismo terrestre. — Declinazione. — Sue variazioni secolari, annue, diurne. — Bussola di Declinazione. — Inclinazione. — Sue variazioni. — Bussola di Inclinazione. — Intensità magnetica. — Equatore, paralleli o meridiani magnetici. — Linee Isogoniche, Isocliniche ed Isodinamiche. — Perturbazioni e Tempeste magnetiche. — Aurore Boreali . . . . . » 437

LEZIONE XXI. Meteore Ottiche ed Acustiche.

Sommario. — La Luce. — Teoria dell' Emissione. — Teoria della Onduiazione. — L'Etere. — Luce solare. — Stato normale dell' atmosfera, sotto il rispetto ottico. — Proporzione tra i giorni sereni ed i giorni coperti. — Effetti della luce sulla Vegetazione o sulla Vita. — Meteore luminose. — Aurora. — Crepuscolo. — Scintillazione delle stelle. — Interferenze luminose. — L'arco baleno; sua teoria. — Circolo d'Ulloa. — Corone. — Aureole. — Aloni. — Parelii. — Paraseleni. — Antelii. — Spettro del Brocken. — Miraggio e varie sue specie. — Fata Morgana. — Il Suono. — La Musica in Natura. — L'intensità del Suono. — La velocità del suono, nell' atmosfera, nell'acqua. — Il suono di giorno e di notte. — Il suono adoperato a misurare la profondità d'un lago e le distanze terrestri. — Riflessione del suono. — L'Eco. — La Grotta di Fingal ecc. . . . » 464

Digitized by Google

LEZIONE XXII. Gli Uranoliti - Stelle Cadenti Bolidi - Areoliti.

SOMMARIO. — Pietre Meteoriche. — Esempi storici antichi. — Controversie moderne. — Stelle cadenti; Bolidi; Areoliti. — Materie delle quali gli areoliti sono composti. — Periodiche cadute di stelle filanti. — Punti di divergenza delle loro traiettorie. — Spiegazioni dei fenomeni: teoria *atmosferica*, teoria *vulcanica*, teoria *lunare*, teoria *anullare*, teoria *cosmica*. — Scoperta del Signor Schiaparelli. — Calorico dei meteoroliti. — Alte speculazioni della moderna Filosofia naturale. — Pioggia stellare di novembre 1867. — Il P. Secchi . *Pag.* 507

LEZIONE XXIII. Riazione dell'Interno sulle parti esterne del Globo, - e Fenomeni della Vulcanicità.

SOMMARIO. — Correlazione reciproca dei fenomeni, coi quali si manifesta la riazione delle parti interne del globo. — Terremoti. — Varie specie di vibrazioni. — Sismometro. — Fenomeni concomitanti i terremoti. — Emanazioni gazose. — Fonti Termali. — Linee Isogeotermiche. — Emanazioni liquide. — Petrolio. — Fuochi fatui. — Fontane ardenti. — La Vulcanicità. — Altezza dei vulcani. — Intermittenza delle eruzioni. — Distribuzione geografica dei Vulcani. — Materie eruttate. — Formazione dei coni vulcanici. — Connessità di tutti i fenomeni vulcanici. — Le cause attuali.

LEZIONE XXIV. Costituzione della Superficie del Globo.

SOMMARIO. — Lineamenti generali che presenta la costituzione fisica della superficie del globo. — Proporzione fra le aree e l'estensione lineare delle coste. — Capacità delle varie regioni per l'incivilimento. — Forma piramidale dei continenti. — Legge di direzione meridionale delle penisole. — Fisionomia peculiare dei tre maggiori continenti. — Cause che determinarono le ineguaglianze e le irregolarità esistenti nella distribuzione delle terre e dei mari. — Teoria di Adhèmar sui Diluvi periodici. — Distribuzione delle terre e dei mari, considerata in latitudine; — in longitudine; — in altitudine. — Altitudini positive e negative. — Altezza media dei continenti. — Variazioni secolari di questa altezza. — Questione della permanenza e della variabilità dei Climi. — Singolare opinione di A. Humboldt, e sua confutazione. — Spostamento dei mari. — Azione delle acque. — Sollevamenti ed abbassamenti del suolo. — Le temperature del globo. — Clima dell'Italia, della Francia ecc. 573

LEZIONE XXV. Costituzione della Superficie del Globo (*Segue*). — Orografia.

SOMMARIO. — Differenti caratteri della struttura orografica del Nuovo e dell'Antico Continente. — Descrizione delle catene montane dell'Europa, dell'Africa e dell'Asia. — Descrizione delle grandi depressioni del suolo nell'antico continente. — La Steppa. — Il Deserto . . . 606

Digitized by Google

LEZIONE XXVI. Costituzione della Superficie del Globo (*Segue*) — **Orografia** (*segue*).

SOMMARIO. — Il Nuovo Continente. — America Meridionale. La Cordigliera delle Ande. — America Centrale. Sistema Colombiano. — America Settentrionale. — Montagne Rocciose. — Alleghani. — Le terre basse del Nuovo Mondo: Pampas, Silvas, Llanos, Far-West. — L'Oceania. — Continenti che si sommergono. — Continenti ed isole che nascono. — Formazioni madreporiche. — Atolli; Scogliere coralline. — Le terre polari. — Le altitudini principali sul globo . . *Pag.* 626

LEZIONE XXVII. Costituzione della Superficie del Globo (*Segue*). — **Idrografia.**

SOMMARIO. — Principii generali di Idrografia. — Sorgenti dei Fiumi. — Loro corsi. — Pendenze e Velocità. — Influenza che la rotazione della Terra esercita sul corso dei fiumi. — Il *Mascaret*. — Le *Barre*. — Le escrescenze periodiche. — Nomenclatura idrografica. — Sistemi idraulici di Europa, — d'Africa, — d'Asia. — Sistemi fluviali di America e di Oceania. — I Laghi nelle varie parti del Globo . . » 651

LEZIONE XXVIII. Distribuzione Geografica dei Minerali.

SOMMARIO. — Elementi chimici componenti la crosta terrestre. — Loro varia distribuzione. — Importanza relativa. — Quattro specie fondamentali di rocce. — Età relativa dei terreni sedimentari. — Età relativa delle montagne. — Distribuzione geografica dei minerali utili all'uomo, e specialmente dei metalli, dei combustibili, delle pietre preziose ecc. . . . . » 698

LEZIONE XXIX. Geografia Botanica. - Distribuzione Geografica delle piante.

SOMMARIO. — Transizione dal mondo inorganico al mondo organico. — La Geografia botanica. — Le piante sociali. — Distribuzione delle piante in latitudine (linee isotermiche, isoteriche ed isochimeniche). — Distribuzione dei vegetali in altitudine. — Leggi della geografia botanica. — Le Regioni botaniche, in generale. — Le regioni botaniche dell'Europa, in ispecie. — La Vegetazione Tropicale. — I giganti della vegetazione. — Distribuzione delle piante coltivate. — Limiti dei Cereali e della Vite ecc. . . . . » 747

LEZIONE XXX. Geografia Zoologica. - Distribuzione Geografica degli Animali.

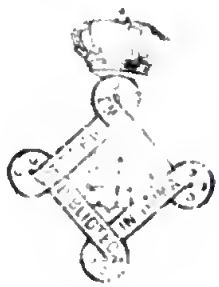
SOMMARIO. — Difficoltà di assegnare il limite di divisione tra la Vita Vegetale e la Animale. — L'Animalità prodigata dalla Natura. — Proporzioni della sua diffusione fra le terre ed i mari. — Mezzi di trasporto dei germi. — Numero delle specie. — La Vita nell'atmosfera. — Le isole Galapagos. — Modificazioni e trasformazione delle

Digitized by Google

Spec.o. — La Elezione artificiale e la naturale. — La Domesticazione. — L'Acclimamento. — La Naturalizzazione. — Geografia Zoologica. — Distribuzione delle Faune. — L'uomo modificatore delle Faune. — Il Cavallo Americano. — La Fosforescenza dei mari. — Leggi della Geografia Zoologica. . . . . Pag. 737

LEZIONE XXXI. Antropologia ed Etnografia. Distribuzione Geografica delle razze Umane.

Sommario. — Si chiarisce il metodo che si intende seguire nella presente trattazione, e se ne circoscrivono i limiti. — Sistema di Linneo; — di Bory-de-S.-Vincent; — di Blumenbach; — di Cuvier; — di Malte-Brun; — di Cloquet; — di Prichard. — Doppio ordine di questioni comprese nella moderna *Antropologia:* la *Paleoetnologia* e la *Etnologia.* — Antichità dell'Uomo. — I *Pfahlbauten.* — Le *Terremare.* — I *Kiæckenmædings* ecc. — Età della *Pietra,* del *Bronzo* e del *Ferro.* — L'Uomo delle Caverne. — La flora e la fauna delle età umane preistoriche. — Il cranio del Neanderthal. — Scoperte nei terreni Postplioceniei. — Scavi nel Pliocene di Savona. — Tentativi per fissare una cronologia preistorica. — Esame del problema fondamentale della Etnologia: posto che occupa l'Uomo nell'Universo. — L'*Indice Cefalico:* tipi *Brachicefali, Dolicocefali, Ortocefali, Mesocefali:* classificazione cefalica delle razze umane; popolazione della Grecia e dell'Italia antiche e moderne. — Il *Prognatismo* e l'*Ortognatismo.*—*Norma verticalis, occipitalis, frontalis.* — *Angolo facciale* di Camper. — I capi-lavori dell'Arte antica. — Alberto Durer. — Le *Cause finali.* — L'Ordine dei *Primati.* — Fallacia della denominazione di *Quadrumani.* — Gli studi linguistici e loro grande importanza, come complemento della Fisica del Globo. — Le razze *Ariane* e le *Turaniane.* — I primi abitatori dell'Europa. — I *Liguri* antichissimi. — Conclusione dell'Opera. . . . . » 771
Indice alfabetico delle Materie . . . . . » 835
Indice delle Figure . . . . . » 863
Indice delle Tavole . . . . . » 866



HAG
463,732

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google